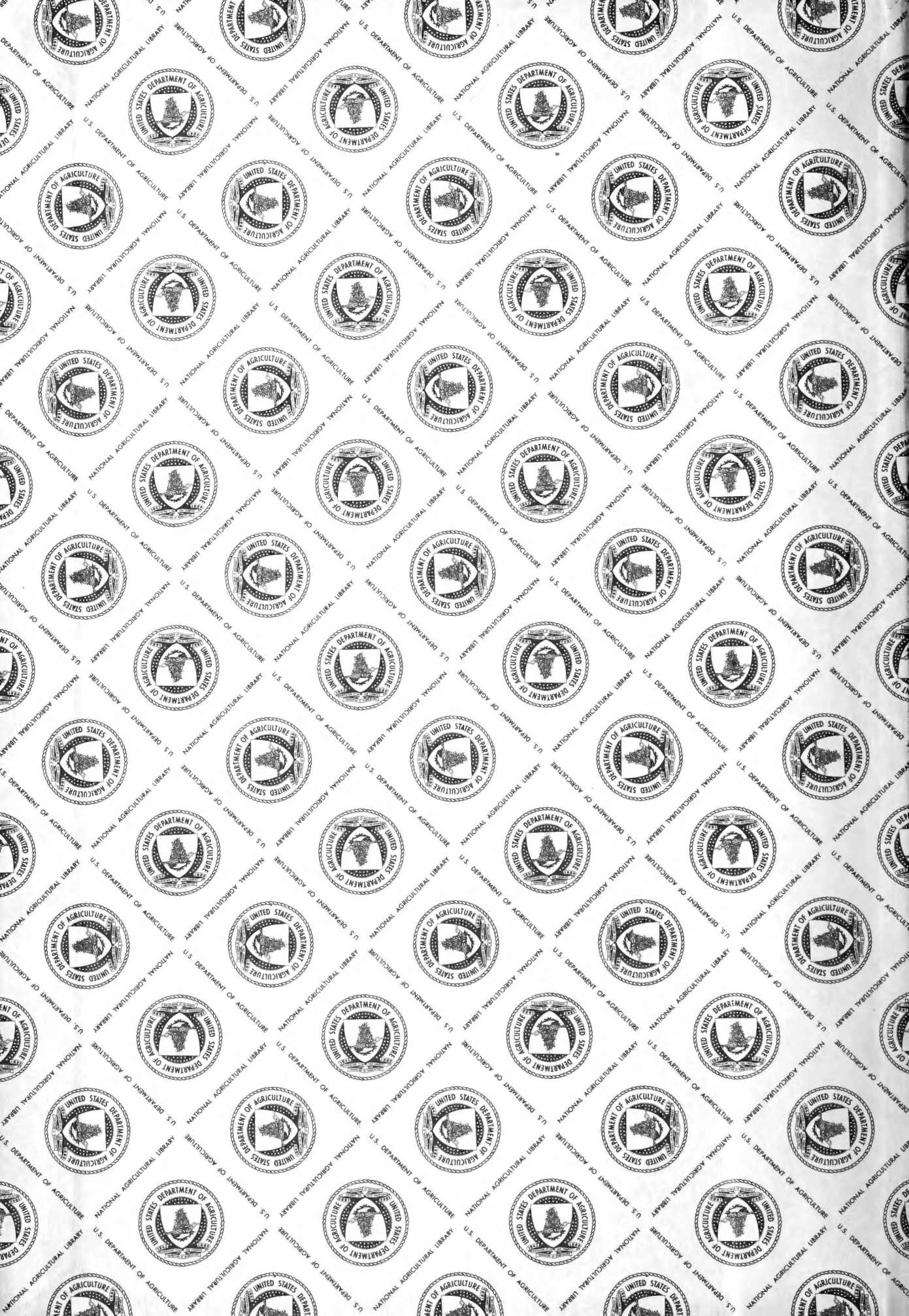
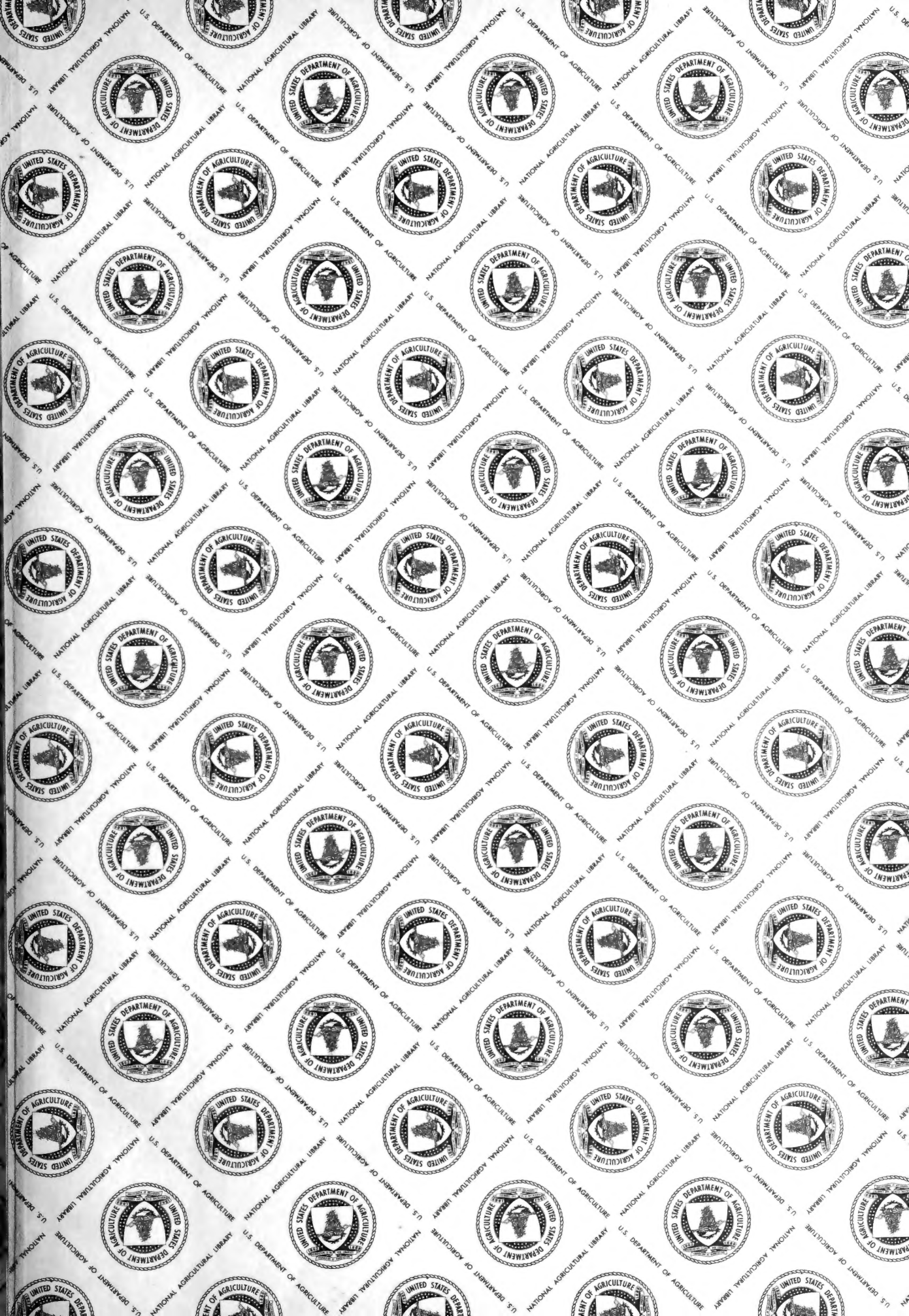


Historic, Archive Document

Do not assume content reflects current scientific knowledge, policies, or practices.







Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte
der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

Herausgegeben

von

Arnold Berliner

Unter besonderer Mitwirkung von **H. Braus** in Würzburg

Elfter Jahrgang 1923



BERLIN
Verlag von Julius Springer
1923



Originalaufsätze und Berichte.

Allgemeines und Philosophie.

- Broch, Hjalmar, Norwegische naturwissenschaftliche Institutionen und Publikationen außerhalb der Universität. S. 1009.
 Haber, Fritz, Neue Arbeitsweisen. Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege. S. 753.
 Kronenberg, M., Die Individualität. S. 325.
 Péterfi, Tibor, Das mikrurgische Verfahren. S. 91.
 Pikler, Julius, Grundzüge einer neuen Psychologie. Physiologie und Psychophysik der Farbtöne. S. 681.
 Schiff, Julius, Eine Niederschrift des Chemikers J. W. Döbereiner für Goethe und die Großherzogin Maria Paulowna. S. 89.

Astronomie.

- Dietzius, R., Die Hilfsmittel zur Messung der Sonnenstrahlung. S. 246.
 Freundlich, E., Über die Beobachtung der Lichtablenkung während der totalen Sonnenfinsternis am 21. September 1922. S. 962.
 Vogt, H., Probleme der Kosmogonie. S. 957.

Reine und technisch angewandte Physik.

- Baschin, Otto, Der Einfluß der Achsendrehung der Erde auf rotierende Räder. S. 1041.
 Bohr, N., Über den Bau der Atome. S. 606.
 Born, Max, Quantentheorie und Störungsrechnung. S. 537.
 Bratke, E., und E. Waetzmann, Interferenzmethode zur Prüfung optischer Systeme. S. 225.
 Brennecke, W., Das Behm-Lot. S. 149.
 Coster, D., Röntgenspektren und Bohrsche Atomtheorie. S. 567.
 Dietzius, R., Die Hilfsmittel zur Messung der Sonnenstrahlung. S. 246.
 — Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die ultraviolette Sonnenstrahlung. S. 808.
 Ehrenfest, P., Adiabatische Transformationen in der Quantentheorie und ihre Behandlung durch Niels Bohr. S. 543.
 Ehringhaus, A., Über objektive Demonstration der Brownischen Molekularbewegung. S. 42.
 Fajans, K., Struktur und Deformation der Elektronenhüllen in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen. S. 165.
 Franck, J., und P. Pringsheim, Fluoreszenz von Gasen. S. 559.
 Freundlich, Erwin, Über die Bedeutung der Physik des Unmeßbar-Kleinen für die physikalische Forschung. S. 399.
 — Über die Beobachtung der Lichtablenkung während der totalen Sonnenfinsternis am 21. September 1922. S. 962.
 Gudden, B., und R. Pohl, Neuere Beobachtungen über den Zusammenhang elektrischer und optischer Erscheinungen. S. 348.
 Hennling, F., Erzeugung und Nutzbarmachung von Kälte. S. 73.
 — Das physikalische Institut der Universität Leiden in den Jahren 1904 bis 1922. S. 429.
 Hertz, G., Bohrsche Theorie und Elektronenstoß. S. 564.
 Hevesy, G. v., Bohrsche Theorie und Radioaktivität. S. 604.
 Kirsch, Gerhard, Was vermögen die radioaktiven Methoden der Altersbestimmung von Mineralien heute zu leisten? S. 372.
 Knipping, Paul, Über Pseudo-Hochvakuum. S. 756.
 Kossel, W., Die Beziehungen der Bohrschen Atomtheorie zur Deutung chemischer Vorgänge. S. 598.
 Kramers, H. A., Das Korrespondenzprinzip und der Schalenbau des Atoms. S. 550.
 Kratzer, A., Bandenspektren und Molekülmodelle. S. 577.
 Kries, J. v., Über das stereophotometrische Verfahren zur Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter. S. 461.
 Küstner, Hans, Die Streustrahlung bei der diagnostischen und therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen. S. 97.
 Ladenburg, R., und F. Reiche, Absorption, Zerstreuung und Dispersion in der Bohrschen Atomtheorie. S. 584.

- Lasareff, P., Die Anomalie des Erdmagnetismus und der Gravitation im Kursker Gouvernement. S. 705.
- Masing, G., Rekristallisation von Metallen. S. 413.
- Nippoldt, A., Die Arbeiten der Carnegie-Institution und andere neuere Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der Erde. S. 37.
- Planck, Max, Die Bohrsche Atomtheorie. S. 535.
- Regener, E., Was ist die Ursache für das scheinbare Auftreten von Subelektronen an submikroskopischen Teilchen? S. 17.
- Rohr, M., v., Die Entwicklung der Brille. X. S. 249.
- Stooff, Hans, Die Rolle des Luftsauerstoffs bei der Abwasserreinigung. S. 389.
- Tams, E., Der gegenwärtige Stand der Erdbebenforschung: Seismologie. S. 49.
- Thorade, H., Ungeordnete Bewegung und Mischung im Meere. S. 1001.
- Trautwein, F., Aufgaben und Tätigkeit des Telegraphentechnischen Reichsamts. S. 316.
- Treitel, H., Der Ruthsspeicher. S. 106.
- Vogt, H., Probleme der Kosmogonie. S. 957.
- Wegemer, Kurt, Die meteorologischen Bedingungen für den Segelflug. S. 4.

Reine und technisch angewandte Chemie und physikalische Chemie.

- Arrhenius, Svante A., Ostwalds Arbeiten in der chemischen Verwandtschaftslehre. S. 729.
- Auerbach, Friedrich, Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft. S. 652.
- Embsen, Gustav, Über die Bedeutung von Ionen für den Chemismus der Muskelkontraktion und den Ablauf fermentativer Reaktionen. S. 985.
- Fajans, K., Struktur und Deformation der Elektronenhüllen in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen. S. 165.
- Freundlich, H., Wilhelm Ostwald zum siebenzigsten Geburtstag. S. 731.
- Haber, Fritz, Neue Arbeitsweisen. Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege. S. 753.
- Herzog, R. O., Einige Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie. S. 172.
- Kohlschütter, V., Die Form der Stoffe im chemischen Vorgang. S. 865.
- Krais, P., Über das Verbleichen der Farben. S. 243.
- Kuhn, Richard, Über die spezifische Natur und den Wirkungsmechanismus kohlehydrat- und glykosidspaltender Enzyme. S. 732.
- Loeb, Jacques, Die Erklärung für das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper. S. 213.
- Neuberg, C., Vom Abbau der Cellulose in der Natur. S. 657.
- Northrop, John H., Ist die Hydrolyse der Eiweißkörper durch Pepsin und Trypsin als homogene Reaktion aufzufassen? S. 713.
- Quagliariello, G., Das Häemocyanin. S. 261.
- Rinne, Friedrich, Ansichten zur Kristallstereochemie. S. 806.
- Schiff, Julius, Eine Niederschrift des Chemikers J. W. Döbereiner für Goethe und die Großherzogin Maria Paulowna. S. 89.
- Stoll, A., Über Mutterkorn. S. 697, 720.
- Zocher, H., und H. Kautsky, Über Lumineszenz bei chemischen Reaktionen. S. 194.

Geographie und Meteorologie.

- Baschin, Otto, Die aerologische Tagung zu Lindenberg und die Begründung der meteorologischen Arbeitsgemeinschaft. S. 12.
- Die britischen Mount Everest-Expeditionen 1921 und 1922. S. 65.
- Sven Hedins Tibetwerk. S. 745.
- Brennecke, W., Das Behm-Lot. S. 149.
- Broch, Hjalmar, Über einige Probleme der marinen Tiergeographie. S. 630.
- Brandt, B., Das Vehnemoor in Oldenburg, eine sterbende Naturlandschaft. S. 677.
- Dietzius, R., Die Hilfsmittel zur Messung der Sonnenstrahlung. S. 246.
- Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die ultraviolette Sonnenstrahlung. S. 808.
- Knoch, K., Die Möglichkeit der Abschätzung des Ernteertrages auf Grund meteorologischer Angaben. S. 769.
- Markgraf, Fr., Vegetationsstudien in den Wäldern Ostpreußens. S. 268.
- Nippoldt, A., Die Arbeiten der Carnegie-Institution und andere neuere Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der Erde. S. 37.
- Störmer, Carl, Höhe und Lage des Nordlichtes am 22. März 1920. S. 202.
- Thorade, H., Ungeordnete Bewegung und Mischung im Meere. S. 1001.
- Wüst, Georg, Ältere und neue Anschauungen über die Strömungen der Nordsee. S. 199.
- Die ersten akustischen Tiefseelotungen. S. 286.

Geologie und Mineralogie.

- Baschin, Otto, Der Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste. S. 87.
- Bederke, E., Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung: Die Bausteine der Erdkruste. S. 123.
- Bieberbach, L., Arthur Schoenflies als Mathematiker. S. 282.
- Cloos, Hans, Was liegt unter dem Granit? S. 7.
- Eckert, Max, Die Projektion der geologischen Karte. S. 792.
- Eitel, W., Die Festgabe der Kristallographen an P. von Groth zur Feier seines achtzigsten Geburtstages. S. 903.
- Kirsch, Gerhard, Was vermögen die radioaktiven Methoden der Altersbestimmung von Mineralien heute zu leisten? S. 372.
- Lasareff, P., Die Anomalie des Erdmagnetismus und der Gravitation im Kursker Gouvernement. S. 705.
- Niggli, Paul, Die Bedeutung der Schoenflieschen mathematischen Untersuchungen für die Kristallographie. S. 277.
- Rinne, Friedrich, Ansichten zur Kristallstereochemie. S. 806.
- Tams, E., Der gegenwärtige Stand der Erdbebenforschung: Seismologie. S. 49.
- Wepfer, E., Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung: Historische Geologie. S. 918, 931, 948, 971, 989.

Allgemeine Biologie und Physiologie.

- Böker, Hans, Die Bedeutung des Gesanges der Vögel in biologisch-anatomischer Behandlung. S. 820.
- Braun, Fritz, Eine neue Arbeit über den Gesang der Vögel. S. 354.
- Von der Wandelbarkeit des Vogelliedes. S. 854.
- Über die Aufgabe des Gesanges im Leben der Vögel. S. 1006.
- Brunswik, Hermann, Die Grenzen der mikrochemischen Methodik in der Biologie. S. 881.
- Bürker, K., Über eine auffallende Gesetzmäßigkeit in der Verteilung des roten Blutfarbstoffes auf die Oberfläche der roten Blutkörperchen. S. 512.
- Embsen, Gustav, Über die Bedeutung von Ionen für den Chemismus der Muskelkontraktion und den Ablauf fermentativer Reaktionen. S. 985.
- Freund, Hermann, Stoffwechsel und Temperatur. S. 787.
- Frisch, K. v., Das Problem des tierischen Farbensinnes. S. 470.
- Gerhardt, Ulrich, Aus dem Geschlechtsleben der Spinnen. Die Tasterfüllung der Männchen. S. 849.
- Goetsch, W., Tierische Chimären und künstliche Individualitäten. S. 327.
- Harms, J. W., Geschlechtsbestimmung und Umstimmung. S. 897.
- Hase, Albrecht, Über die Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen: ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchsinnes der Insekten. S. 801.
- Hausmann, W., Über Lichtwirkung auf den Menschen und die Tiere. S. 945.
- Herz, J., Die experimentelle Vererbungslehre. S. 833.
- Janisch, Ernst, Über Alterserscheinungen bei Insekten und ihre bekämpfungsphysiologische Bedeutung. S. 929.
- Kochler, Otto, Über die „Sprache“ der Bienen. Eine tierpsychologische Untersuchung. S. 633.
- Lichtsinn und Blumenbesuch des Taubenschwanzes (*Macroglossum stellatarum*). S. 742.
- Kries, J. v., Zum Gedächtnis Karl Ludwigs. S. 1.
- Über das stereophotometrische Verfahren zur Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter. S. 461.
- Laquer, Fritz, Einiges über die physiologische Bedeutung der Phosphorsäure. S. 300.
- Loewi, O., Über Steuerung von Funktionen im Tierkörper. S. 117.
- Metzner, P., Studien über die Bewegungsphysiologie niederer Organismen. S. 365, 395.
- Porges, Otto, Über Acidose und Alkalose. S. 70.
- Quagliariello, G., Das Hämocyanin. S. 261.
- Rawitscher, Felix, Reizgröße und Reizreaktion im Pflanzenreich. S. 491.
- Schulze, Hanna, Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen Milben. (Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.) S. 763.
- Schulze, Werner, Zur Parabiösefrage. S. 665.
- Stepp, Wilhelm, Über die Bedeutung gewisser fettlöslicher Nahrungsstoffe für Wachstum und Erhaltung des tierischen Organismus. S. 33.
- Stoll, A., Über Mutterkorn. S. 697, 720.

- Trendelenburg, W., Johannes v. Kries. Zu seinem siebenzigsten Geburtstage (6. Oktober 1933). S. 817.
- de Vries, Hugo. Die statistische Methode in der Pflanzengeographie. S. 189.
- Weidenreich, Franz. Die Verwendung von organisiertem „Totem“ im Aufbau des lebendigen Organismus und ihre theoretische und tatsächliche Basis. S. 485.
- Weiss, Paul. Die Regeneration der Urodelenextremität als Selbstdifferenzierung des Organrestes. S. 669.
- Winterstein, Hans. Atmungsregulation und Reaktionsregulation. S. 625, 644.

Botanik.

- Correns, C., Richard Wettstein-Westersheim. Zu seinem sechzigsten Geburtstage. S. 509.
- Czapek †, Friedrich. Physikochemische Probleme der Protoplasmaforschung. S. 237.
- Krause, K., Eine neue Form des natürlichen Systems. S. 60.
- Markgraf, Fr., Vegetationsstudien in den Wäldern Ostpreußens. S. 268.
- Rawitscher, Felix, Reizgröße und Reizreaktion im Pflanzenreich. S. 491.
- de Vries, Hugo, Die statistische Methode in der Pflanzengeographie. S. 189.
- über Stammbäume von Pflanzenfamilien. S. 437.
- Weber, Friedl., Enzymatische Regulation der Spaltöffnungsbewegung. S. 309.

Zoologie.

- Abel, Othenio. Über die Entdeckung eines neuen riesigen Säugetiers im unteren Miozän Asiens. S. 284.
- Böcker, Hans. Die Bedeutung des Gesanges der Vögel in biologisch-anatomischer Behandlung. S. 820.
- Braun, Fritz. Eine neue Arbeit über den Gesang der Vögel. S. 354.
- Vom Sprechlernen der Papageien. S. 514.
- Von der Wandelbarkeit des Vogelliedes. S. 854.
- Über die Aufgabe des Gesanges im Leben der Vögel. S. 1006.
- Braus, H., Der Hai. S. 776.
- Broch, Hjalmar. Über einige Probleme der marinen Tiergeographie. S. 630.
- Zur Ahnenfrage der Cirripeden. S. 885.
- Frisch, K. v., Das Problem des tierischen Farbensinnes. S. 470.
- Gerhardt, Ulrich. Aus dem Geschlechtsleben der Spinnen. Die Tasterfüllung der Männchen. S. 849.
- Goetsch, W., Tierische Chimären und künstliche Individualitäten. S. 327.
- Hase, Albrecht, Über die Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen: ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchssinnes der Insekten. S. 801.
- Herz, J., Die experimentelle Vererbungslehre. S. 833.
- Janisch, Ernst. Über Alterserscheinungen bei Insekten und ihre bekämpfungsphysiologische Bedeutung. S. 929.
- Koehler, Otto. Über die „Sprache“ der Bienen. Eine tierpsychologische Untersuchung. S. 633.
- Lichtsinn und Blumenbesuch des Taubenschwauzes (*Macroglossum stellatarum*). S. 742.
- Quagliariello, G., Das Hämoeyanin. S. 261.
- Schulze, Hanna. Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen Milben. (Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.) S. 763.
- Stomps, Theo J., Geschlechtsgebundene und geschlechtsbegrenzte Vererbung bei Fischen. S. 426.

Medizin.

- Aschoff, Ludwig. Über die Entzündung. S. 641.
- Bauer, Julius. Über Fettansatz. S. 21.
- Clausen, W., Das Wesen der Kurzsichtigkeit im Lichte neuerer Forschungen. S. 441.
- Edens, Ernst. Die Digitalis und ihre therapeutische Anwendung. S. 969.
- Flury, Ferdinand. Über den Bienenstich. S. 341.
- Hueck, W., Ist die moderne Pathologie noch Zellularpathologie? S. 141.
- Küstner, Hans. Die Streustrahlung bei der diagnostischen und therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen. S. 97.
- Leeuwen, W. Storm van, Überempfindlichkeitskrankheiten. S. 660.
- Lesser, E. J., Über Ursprung, Schicksal und Höhe des Blutzuckers. S. 422.
- Loewi, O., Über Steuerung von Funktionen im Tierkörper. S. 117.

- Müller, Friedrich, Albrecht Kossel. Zur Feier seines siebenzigsten Geburtstages am 16. September. S. 785.
- Porges, Otto, Über Acidose und Alkalose. S. 70.
- Rohr, M. v., Die Entwicklung der Brille. N. S. 249.
- Stepp, Wilhelm, Über die Bedeutung gewisser fettlöslicher Nahrungsstoffe für Wachstum und Erhaltung des tierischen Organismus. S. 33.
- Stern, Felix, Die epidemische Encephalitis. S. 193.
- Stettner, E., Über Wachstum. S. 221.
- Streuli, Heinrich, Über keratoplastische Operationen am menschlichen Auge. S. 293.
- Trendelenburg, W., Johannes v. Kries. Zu seinem siebenzigsten Geburtstage (6. Oktober 1923). S. 817.

Besprechungen.

Allgemeines und Philosophie.

- Driesch, Hans, Geschichte des Vitalismus. 2. Auflage (Erich Becher). S. 180.
- Philosophie des Organischen. 2. Auflage (Leon Asher). S. 203.
- Lippmann, E. O. von, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik (Lockemann). S. 408.
- Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. 26. Jahrgang (Arn. Berliner). S. 432.
- Müller, Aloys, Der Gegenstand der Mathematik mit besonderer Beziehung auf die Relativitätstheorie (P. Bernays). S. 520.
- Nernst, W., und A. Schoenflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. 10. Auflage (Vorwort). S. 861.
- Study, E., Denken und Darstellung. Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in Mathematik und Naturwissenschaften (Karl Gerhards). S. 824.
- Mathematik und Physik (Karl Gerhards). S. 824.
- Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. 2. Auflage (Karl Gerhards). S. 824.
- Wentscher, Else, Das Problem des Empirismus (Karl Gerhards). S. 204.
- Geschichte des Kausalproblems in der neueren Philosophie (Erich Becher). S. 205.
- Wessely, Karl, Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen (A. Brückner). S. 180.
- Winternitz, Joseph, Relativitätstheorie und Erkenntnislehre (Hans Reichenbach). S. 827.

Mathematik.

- Geiringer, Hilda, Die Gedankenwelt der Mathematik (P. Bernays). S. 64.
- Harwitz-Courant, Funktionentheorie (K. Reide-meister). S. 519.
- Lorentz, H. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung für Studierende der Naturwissenschaften. 4. Auflage (R. Courant). S. 385.
- Müller, Aloys, Der Gegenstand der Mathematik mit besonderer Beziehung auf die Relativitätstheorie (P. Bernays). S. 520.
- Study, E., Denken und Darstellung. Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in Mathematik und Naturwissenschaften (Karl Gerhards). S. 824.
- Mathematik und Physik (Karl Gerhards). S. 824.
- Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. 2. Auflage (Karl Gerhards). S. 824.

Tropfke, J., Geschichte der Elementarmathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwörter. 1. Band, Ebene Geometrie. 2. Auflage (Friedrich Drenkhahn). S. 178.

Astronomie.

- Becker, Friedrich, Sternatlas (R. Prager). S. 109.
- Frischauf, J., Grundriß der theoretischen Astronomie (H. Kienle). S. 77.
- Kepler, Johannes, Mysterium Cosmographicum. Das Weltgeheimnis (A. Kopff). S. 1000.
- Newcomb, Astronomie für jedermann. 4. Auflage (W. E. Bernheimer). S. 129.
- Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie. 7. Auflage (Vorwort). S. 207.
- Paschen, F., und R. Götz, Sechseckgesetz der Linienspektren (W. Göttrian). S. 99.
- Schiller, Karl, Einführung in das Studium der veränderlichen Sterne (H. Lauffer). S. 386.

Reine und technisch angewandte Physik.

- Bjerknes, V., Untersuchungen über elektrische Resonanz (A. Landé). S. 1000.
- Bohr, Niels, Über die Quantentheorie der Linienspektren (A. Landé). S. 251.
- The theory of spectra and atomic constitution (Peter Pringheim). S. 336.
- Cermak, P., Die Röntgenstrahlen (Lise Meitner). S. 937.
- Chwolson, O. D., Lehrbuch der Physik. 2. Auflage III. Band, 1. Abteilung, Die Lehre von der Wärme (F. Henning). S. 30.
- Eddington, A. S., The mathematical theory of relativity (M. v. Laue). S. 382.
- Raum, Zeit und Schwere (A. Kopff). S. 826.
- Electrodynamics of moving media. Bulletin of the National Research Council (M. v. Laue). S. 522.
- Ewald, P. P., Kristalle und Röntgenstrahlen (P. Niggli). S. 998.
- Exner, Franz, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften (W. Westphal). S. 113.
- Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 4. Auflage (F. Paneth). S. 255.
- Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik. 4. Auflage. Band V. Die wichtigsten Lehren der Elastizitätslehre. Band VI. Die wichtigsten Lehren der höheren Dynamik (R. Grammel). S. 112.

- Footé, P. D., und F. L. Mohler, The Origin of Spectra (W. Grotrian). S. 334.
- Fuchs, R., und L. Hopf, Aerodynamik. Handbuch der Flugzeugkunde Band II (T. Pöschl). S. 748.
- Garten, S., Beiträge zur Vokallehre (A. Waetzmann). S. 206.
- Gleichen, A., Die Theorie der modernen optischen Instrumente. 2. Auflage (A. König). S. 999.
- Goetz, A., Physik und Technik des Hochvakuums (A. Gehrts). S. 478.
- Haas, Arthur, Vektoranalysis in ihren Grundzügen und wichtigsten physikalischen Anwendungen (H. Vermeil). S. 519.
- Hort, Wilhelm, Technische Schwingungslehre. 2. Auflage (H. Alt). S. 403.
- Kneser, Adolf, Die Integralgleichungen und ihre Anwendungen in der mathematischen Physik (Ernst Lamla). S. 253.
- Kohlrausch, Friedrich, Lehrbuch der praktischen Physik. 14. Auflage (Vorwort). S. 477.
- Kopff, August, Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. 2. Auflage (M. v. Laue). S. 231.
- Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. 2. Band. 2. Auflage (M. Born). S. 937.
- Leiter, F., und A. Hay, Leitfaden zur Behandlung und Bewertung von Kystoskopen und deren Optik (M. v. Rohr). S. 858.
- Lenard, P., Über Äther und Uräther (H. Thirring). S. 228.
- Ludewig, P., Die physikalischen Grundlagen des Betriebes von Röntgenröhren mit dem Induktorium (R. Glocker). S. 522.
- Madelung, Erwin, Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers (Ernst Lamla). S. 519.
- Meißner, W., Entfernung- und Höhenmessung in der Luftfahrt (A. König). S. 404.
- Michel, E., Hörsamkeit großer Räume (E. Waetzmann). S. 31.
- Millikan, R. A., Das Elektron. Seine Isolierung und Messung, Bestimmung einiger seiner Eigenschaften (Peter Pringsheim). S. 335.
- Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung Neu-Babelsberg (G. Masing). S. 111.
- Möller, M., Kraftarten und Bewegungsformen (R. Grammel). S. 404.
- Müller, Aloys, Die philosophischen Probleme der Einsteinschen Relativitätstheorie (Hans Reichenbach). S. 30.
- Müller, C. H., und G. Prange, Allgemeine Mechanik (L. Hopf). S. 113.
- Neumann, E. R., Vorlesungen zur Einführung in die Relativitätstheorie (Friedrich Kottler). S. 231.
- Paschen, F., und R. Götze, Seriengesetze der Linienspektren (W. Grotrian). S. 90.
- Planck, Max, Physikalische Rundblicke (G. Laski). S. 336.
- Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus (W. Schottky). S. 384.
- Rinne, F., Kristallographische Formenlehre und Anleitung zu kristallographisch-optischen sowie röntgenographischen Untersuchungen. 4. und 5. Auflage (P. P. Ewald). S. 477.
- Roth, W. H., und K. Scheel, Konstanten der Atomphysik (M. v. Laue). S. 500.
- Schäfer, Clemens, Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. 2. Auflage (W. Schottky). S. 337.
- Schneiderhöhn, H., Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Erzen und Aufbereitungsprodukten, besonders im auffallenden Licht (G. Masing). S. 111.
- Schoenflies, Arthur, Theorie der Kristallstruktur (P. Niggli). S. 999.
- Siebel, K., Die Elektrizität in Metallen (E. Grüneisen). S. 522.
- Stark, Johannes, Die gegenwärtige Krisis in der deutschen Physik (M. v. Laue). S. 29.
- Die physikalisch-technische Untersuchung keramischer Kaoline (W. Funk). S. 109.
- Strasser, Hans, Einsteins spezielle Relativitätstheorie eine Komödie der Irrungen (M. v. Laue). S. 937.
- Theories of Magnetism. Bulletin of the National Research Council (W. Schottky). S. 385.
- Waßmuth, A., Grundlagen und Anwendungen der statistischen Mechanik (P. Hertz). S. 478.
- Wien, W., Die Relativitätstheorie vom Standpunkte der Physik und Erkenntnistheorie (Friedrich Kottler). S. 230.
- Goethe und die Physik (Arn. Berliner). S. 928.
- Wiener, O., Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im Äther (Friedrich Kottler). S. 231.

Reine und technisch angewandte Chemie und physikalische Chemie.

- Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 1. Chemische Methoden. Teil 7. Spezielle analytische und synthetische Methoden. (H. Schotte). Heft 1. S. 205; Heft 2. S. 450.
- Arndt, Kurt, Handbuch der physikalisch-chemischen Technik. 2. Auflage (I. Koppel). S. 812.
- Arrhenius, Svante, Die Chemie und das moderne Leben (I. Koppel). S. 75.
- Aston, F. W., Isotope (Fritz Paneth). S. 926.
- Bauer, Hugo, Geschichte der Chemie (I. Koppel). S. 77.
- Bischof †, Carl, Die feuerfesten Tone und Rohstoffe sowie deren Verwendung in der Industrie feuerfester Erzeugnisse. 4. Auflage (W. Funk). S. 861.
- Blumer, Ernst, Die Erdöllagerstätten, Grundlagen der Petroleumgeologie (Leopold Singer). S. 405.
- Boeke, H. E., und W. Eitel, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. 2. Auflage (P. Niggli). S. 449.
- Bräuer, Adolf, und J. d'Ans, Fortschritte in der anorganisch-chemischen Industrie an der Hand der Deutschen Reichspatente. 1. Band. 1.—3. Teil (F. Haber). S. 926.
- Brion, G., Luftsalpeter (I. Koppel). S. 77.
- Centnerszwer, M., Das Radium und die Radioaktivität. 2. Auflage (I. Koppel). S. 77.
- Deite †, C., und J. Kellner, Das Glyzerin (W. Connstein). S. 813.
- Dorstewitz, Richard, und Georg Ottersbach, Drogenkunde (I. Koppel). S. 77.
- Ephraim, Fritz, Anorganische Chemie (I. Koppel). S. 76, 336.
- Euler, Hans, Chemie der Enzyme. 2. Auflage. II. Teil. Spezielle Chemie der Enzyme. 1. Abschnitt: Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside (Felix Ehrlich). S. 997.
- Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 4. Auflage (F. Paneth). S. 255.

- Freundlich, Herbert, Kapillarchemie. Eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete. 2. Auflage (Alfred Coehn). S. 275.
- Kapillarchemie. 3. Auflage (Autoreferat). S. 996.
- Gesammelte Abhandlungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie aus den Jahren 1920 bis 1922 (H. Freundlich). S. 814.
- Groh, Julius, Kurzes Lehrbuch der allgemeinen Chemie (I. Koppel). S. 862.
- Grube, Georg, Grundzüge der angewandten Elektrochemie. Band I: Elektrochemie wässriger Lösungen (Alfred Coehn). S. 452.
- Henglein, Martin, Lötrohrprobierkunde (I. Koppel). S. 77.
- Hevesy, Georg v. und Fritz Paneth, Lehrbuch der Radioaktivität (Lise Meitner). S. 859.
- Höfer-Heimhult, Hans, Das Erdöl und seine Verwandten. 4. Auflage (Leopold Singer). S. 406.
- Krische, Paul, Das Kali. Die Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung. 1. Teil (K. Kubierschky). S. 811.
- Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie. 2. Auflage (W. Noddack). S. 451.
- Mannheim, E., Pharmazeutische Chemie (I. Koppel). S. 77.
- Michaelis, Leonor, Die Wasserstoffionenkonzentration. 2. Auflage. Teil 1. Die theoretischen Grundlagen (Leon Asher). S. 75.
- Mohs, Karl, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiete der Mülerei und Bäckerei (C. Brahm). S. 291.
- Neger, F. W., Grundriß der botanischen Rohstofflehre (M. Bergmann). S. 452.
- Oppenheimer, C., Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. 2. Auflage. 1. Lieferung (P. Rona). S. 910.
- Prjanschnikow, D. N., Die Düngelehre (Adolf Mayer). S. 998.
- Roth, W. (Hrsgb.), Chemiker-Kalender 1923 (I. Koppel). S. 336.
- und K. Scheel, Konstanten der Atomphysik (M. v. Laue). S. 500.
- Schwarz, Robert, Feuerfeste und hochfeuerfeste Stoffe (W. Funk). S. 862.
- Stavenhagen, A., Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. 2. Auflage (R. J. Meyer). S. 252.
- The Svedberg, Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen anorganischer Stoffe. 2. Auflage (Alfred Coehn). S. 452.
- Trautz, Max, Lehrbuch der Chemie. Band II (I. Koppel). S. 449.
- Vanino, Ludwig, Handbuch der präparativen Chemie. 2. Auflage. I. Band. Anorganischer Teil (R. J. Meyer). — II. Band. Organischer Teil (M. Bergmann). S. 252.
- Walker, James, Einführung in die physikalische Chemie. 3. Auflage (K. Fajans). S. 254.

Geographie und Meteorologie.

- Baur, Franz, Die Veränderlichkeit der Temperatur aufeinanderfolgender Monate und die periodischen Schwankungen der Jahrestemperatur in Deutschland (K. Knoch). S. 131.
- Behrmann, W., Im Stromgebiet des Sepik. Eine deutsche Forschungsreise in Neuguinea (B. Brandt). S. 498.
- Egerer, A., Kartenkunde (O. Baschin). S. 500.
- Groll, M., Kartenkunde (O. Baschin). S. 499.

- Hegemann, E., Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate (O. Baschin). S. 499.
- Kober, L., Bau und Entstehung der Alpen (Arnold Heim). S. 860.
- Lüschner, H., Photogrammetrie (O. Baschin). S. 499.
- Rasmussen, Knud, In der Heimat des Polarmenschen. S. 45.
- Richardson, Lewis F., Weather Prediction by Numerical Process (F. M. Exner). S. 274.
- Stechow, E., Beiträge zur Natur- und Kulturgeschichte Littauens und angrenzender Gebiete (Fritz Braun). S. 498.
- Suckow, Fr., Die Landmessung (O. Baschin). S. 499.
- Waibel, Leo, Winterregen in Deutsch-Südwest-Afrika (K. Knoch). S. 129.
- Wolff, H., Karte und Kroki (O. Baschin). S. 499.
- Younghusband, Francis, Das Herz der Natur (O. Baschin). S. 497.

Geologie und Mineralogie.

- Behrmann, W., Im Stromgebiet des Sepik. Eine deutsche Forschungsreise in Neuguinea (B. Brandt). S. 498.
- Blumer, Ernst, Die Erdöllagerstätten, Grundlagen der Petroleumgeologie (Leopold Singer). S. 405.
- Cappeller, Moritz Anton, Prodromus Crystallographiae (P. P. Ewald). S. 254.
- Deecke, W., Die Fossilisation (O. Abel). S. 798.
- Egerer, A., Kartenkunde (O. Baschin). S. 500.
- Ewald, P. P., Kristalle und Röntgenstrahlen (P. Niggli). S. 998.
- Freundenberg, Wilhelm, Geologie von Mexico (Leopold Singer). S. 406.
- Groll, M., Kartenkunde (O. Baschin). S. 499.
- Hegemann, E., Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate (O. Baschin). S. 499.
- Heim, Alb., Geologie der Schweiz. Bd. II. 2. Hälfte (J. Früh). S. 430.
- Höfer-Heimhult, Hans, Das Erdöl und seine Verwandten. 4. Auflage (Leopold Singer). S. 406.
- Jessen, Otto, Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit (Bruno Schulz). S. 499.
- Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie. 4. Auflage (H. Cloos). S. 207.
- Kober, L., Bau und Entstehung der Alpen (Arnold Heim). S. 860.
- Kraus, E. (Hrsgb.), Geologisches Archiv (S. v. Bubnoff). S. 928.
- Lüschner, H., Photogrammetrie (O. Baschin). S. 499.
- Niggli, Paul, Gesteins- und Mineralprovinzen. Band I (H. Schneiderhöhn). S. 796.
- (Hrsgb.), Festschrift der Zeitschrift für Kristallographie, P. v. Groth zum 80. Geburtstag gewidmet (W. Eitel). S. 903.
- Schoenflies, Arthur, Theorie der Kristallstruktur (P. Niggli). S. 999.
- Stechow, E., Beiträge zur Natur- und Kulturgeschichte Littauens und angrenzender Gebiete (Fritz Braun). S. 498.
- Stiny, J., Technische Geologie (J. L. Wilser). S. 407.
- Suckow, Fr., Die Landmessung (O. Baschin). S. 499.
- Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 3. Auflage (Bruno Schulz). S. 499.
- Wolff, H., Karte und Kroki (O. Baschin). S. 499.

Younghusband, Francis, Das Herz der Natur (O. Baschin). S. 497.

Allgemeine Biologie und Physiologie.

- Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 9. Methoden zur Erforschung der Leistung des tierischen Organismus. Teil 1. Allgemeine Methoden. Zoologische allgemeine Methoden. Heft 2 (A. Kühn). S. 44.
- Driesch, Hans, Philosophie des Organischen. 2. Auflage (Leon Asher). S. 203.
- Dürken, Bernhard, Allgemeine Abstammungslehre. Zugleich eine gemeinverständliche Kritik des Darwinismus und des Lamarckismus (Hans Nachtsheim). S. 977.
- Garten, S., Beiträge zur Vokaltheorie (A. Waetzmann). S. 206.
- Goldschmidt, Richard, Einführung in die Vererbungswissenschaft. 4. Auflage (Vorwort). S. 636.
- Einführung in die Vererbungswissenschaft. 4. Auflage (O. Renner). S. 996.
- Haecker, Valentin, Über umkehrbare Prozesse in der organischen Welt (F. Pinkus). S. 979.
- Hoffmann, Hermann, Die individuelle Entwicklungskurve des Menschen, ein Problem der medizinischen Konstitutions- und Vererbungslehre (Felix Pinkus). S. 43.
- Vererbung und Seelenleben (W. Landauer). S. 979.
- Kries, Johannes v., Allgemeine Sinnesphysiologie (H. Koellner). S. 748.
- Kühn, Alfred, Grundriß der allgemeinen Zoologie für Studierende (P. Buchner). S. 636.
- Nierstraß, H. F., und G. Chr. Hirsch, Anleitung zu makroskopisch-zoologischen Übungen. Heft 1: Wirbellose Tiere (E. Süffert). S. 636.
- Oppenheimer, Carl, und Otto Weiß, Grundriß der Physiologie für Studierende und Ärzte. I. Teil. Biochemie. II. Teil. Biophysik (Fritz Wrede). S. 656.
- Oppenheimer, C., Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. 2. Auflage. 1. Lieferung (P. Rona). S. 910.
- Platz, L., Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. 1. Teil (P. Buchner). S. 636.
- Scheidt, Walter, Einführung in die naturwissenschaftliche Familienkunde (Ernst Rüdin). S. 980.
- Stempel, W. (Hrsgb.), Lebenskunde (Karl Heider). S. 679.
- und A. Koch, Elemente der Tierphysiologie. 2. Auflage (K. Baldus). S. 909.
- Stomps, Th. J., Erblichkeit und Chromosomen (Hans Nachtsheim). S. 981.
- Thorndike, L., History of magic and experimental science (E. O. von Lippmann). S. 857.
- Tigerstedt, Robert, Die Physiologie des Kreislaufs. 2. Auflage. 3. Band (Leon Asher). S. 910.
- Uhlmann, Eduard, Entwicklungsgedanke und Artbegriff in ihrer geschichtlichen Entstehung und sachlichen Beziehung (Kurt Lewin). S. 978.
- Ungerer, Emil, Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie (Max Hartmann). S. 975.
- Zawadowsky, M., Das Geschlecht und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale (T. Péterfi). S. 382.

Botanik.

- Böhmig, L., Die Zelle, Morphologie und Vermehrung (P. Stark). S. 157.
- Engler, A., Das Pflanzenreich. Heft 81 (W. Wangerin). S. 158.
- Festschrift zum 50jährigen Jubiläum der Höheren Staatlichen Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh. (Walter Kotte). S. 132.
- Gothan, W., Paläobotanik (P. Stark). S. 157.
- Heide, C. von der, und F. Schmitthenner, Der Wein (Walter Kotte). S. 132.
- Herzog, Th., Die Pflanzenwelt der bolivischen Anden und ihres östlichen Vorlandes (Fr. Markgraf). S. 784.
- Hulth, J. M., Bref och skrivelser af och till Carl von Linné (Fr. Markgraf). S. 290.
- Lieske, Rudolf, Bakterien und Strahlenpilze (R. O. Neumann). S. 181.
- Lundegårdh, Henrik, Zelle und Cytoplasma. Band I aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie (Fr. Herrig). S. 750.
- Marzell, Heinrich, Unsere Heilpflanzen und ihre Stellung in der Volkskunde (Karl Touton). S. 154.
- Miehe, H., Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen (P. Stark). S. 157.
- Neger, F., Grundriß der botanischen Rohstofflehre (M. Bergmann). S. 452.
- Nienburg, W., Pilze und Flechten (P. Stark). S. 157.
- Oltmanns, Friedr., Morphologie und Biologie der Algen. 2. Auflage (E. G. Pringsheim). S. 307.
- Pilger, R., Die Stämme des Pflanzenreichs (P. Stark). S. 157.
- Schroeter, C., Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Auflage (G. Weißhuhn). S. 439.
- Stoklasa, Julius, Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur (E. G. Pringsheim). S. 306.
- Tischler, Georg, Allgemeine Karyologie. Band II aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie (Fr. Herrig). S. 750.
- Vageler, P., Bodenkunde (P. Stark). S. 157.
- Warburg, Otto, Die Pflanzenwelt. III. Band (W. Wangerin). S. 158.

Zoologie.

- Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 9. Methoden zur Erforschung der Leistung des tierischen Organismus. Teil 1. Allgemeine Methoden. Zoologische allgemeine Methoden. Heft 2 (A. Kühn). S. 44.
- Daniel, J. Frank, The Elasmobranch Fishes (H. Braus). S. 776.
- Deecke, W., Die Fossilisation (O. Abel). S. 798.
- Goldschmidt, Richard, Einführung in die Vererbungswissenschaft. 4. Auflage (Vorwort). S. 636.
- Hagen, Werner, Die deutsche Vogelwelt nach ihrem Standort (Fritz Braun). S. 291.
- Held, Hans, Über die Entwicklung des Achsen skeletts der Wirbeltiere (H. Braus). S. 380.
- Hinneberg, Paul, Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. II. Teil. 5. Abteilung. Anthropologie (O. Hauser). S. 288.
- Hoffmann, Bernhard, Führer durch unsere Vogelwelt. II. Teil (Fritz Braun). S. 304.
- Kühn, Alfred, Grundriß der allgemeinen Zoologie für Studierende (P. Buchner). S. 636.

- Leche, Wilhelm, Der Mensch, sein Ursprung und seine Entwicklung in gemeinverständlicher Darstellung. 2. Auflage (Th. Mollison). S. 381.
- Lutz, K., Tierpsychologie (O. Koehler). S. 305.
- Meisenheimer, Johannes, Geschlecht und Geschlechter im Tierreich. Bd. 1 (F. Pinkus). S. 402.
- Nierstrasz, H. F., und G. Chr. Hirsch, Anleitung zu makroskopisch-zoologischen Übungen. Heft 1. Wirbellose Tiere (E. Süffert). S. 636.
- Noeller, W., Die wichtigsten parasitischen Protozoen des Menschen und der Haustiere (V. Jollos). S. 182.
- Plate, L., Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. I. Teil (P. Buchner). S. 635.
- Schoenichen, W., Praktikum der Insektenkunde nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten. 2. Auflage (Carl Börner). S. 305.
- Schulze, P., Biologie der Tiere Deutschlands. 1. Lieferung (W. Goetsch). S. 783.
- Stempell, W., und A. Koch, Elemente der Tierphysiologie. 2. Auflage (H. Baldus). S. 909.
- Zawadowsky, M., Das Geschlecht und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale (T. Péterfi). S. 382.

Medizin.

- Berg, Ragnar, Die Vitamine (Wilhelm Stepp). S. 63.
- Held, Hans, Über die Entwicklung des Achenskeletts der Wirbeltiere (H. Braus). S. 380.
- d'Hérelle, F., Der Bakteriophage und seine Bedeutung für die Immunität (U. Friedemann). S. 182.
- Leiter, F., und A. Hay, Leitfaden zur Behandlung und Bewertung von Kystoskopen und deren Optik (M. v. Röhr). S. 858.
- Noeller, W., Die wichtigsten parasitischen Protozoen des Menschen und der Haustiere. Teil 1 (V. Jollos). S. 182.
- Thurnwald, Richard, Psychologie des primitiven Menschen. Handbuch der vergleichenden Psychologie Band I (E. M. v. Hornbostel). S. 431.
- Wessely, Karl, Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen (A. Brückner). S. 180.

Referate über Abhandlungen in Zeitschriften.

Astronomie.

- Adams, W. S., und A. H. Joy: A method of deriving the distance of the A-type stars. S. 140.
- — A spectroscopic method of determining the absolute magnitudes of A-type stars and the parallaxes of 544 stars. S. 505.
- Albrecht, S.: A partial explanation, by wavelengths, of the K-term in the B-types. S. 863.
- Bailey, S. J.: Comparison of a milky way field with one at the south galactic pole. S. 816.
- Dingle, H.: Die Sterntemperaturen. S. 879.
- Freundlich, E., und E. v. d. Pahlen: Untersuchung des K-Effektes auf Grund des Katalogs von Radialgeschwindigkeiten von J. Voûte. S. 863.
- Ginzel, F. R.: Zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse. S. 508.
- Hale: Unsichtbare Sonnenflecke. S. 140.
- Das neue 50-Fuß-Interferometer des Mt.-Wilson-Observatoriums. S. 209.
- Hopmann, J.: Über die kosmische Stellung der Kugelhäufen und Spiralnebel. S. 436.
- Hubble, E.: Die diffusen Milchstraßennebel. S. 164.
- The source of luminosity in galactic nebulae. S. 507.
- Leonard, Frederick C.: Die Spektren der schwächeren Komponenten von Doppelsternsystemen. S. 323.
- Leuschner: A survey of the status of the determination of the general perturbations of the minor planets. S. 712.
- Luyten: Die Verteilungsfunktion der Sterngeschwindigkeiten. S. 816.
- Maanen, A. van: Untersuchungen über die Bewegung in Spiralnebeln. S. 210.
- Internal motion in the spiral nebula Mess. 63. S. 507.
- Merrill: Zirkonbanden in Spektren der S-Sterne. S. 864.
- Pannekoek, A.: Luminosity function and brightness for clusters and galactic clouds. S. 815.
- Plaskett, H. H.: Die Pickeringserie in den Spektren der O-Sterne. S. 436.
- The Spectra of three O-Type Stars. S. 436.
- Plaskett, J. S.: Ein Stern von außergewöhnlich großer Masse. S. 209.
- Raab, Sigrid: A research on open clusters. S. 163.
- Reynolds: The Galactic Distribution of the Spiral Nebulae, with special reference to galactic longitude. S. 435.
- Scheller, A.: Mitteilungen der Universitätssternwarte Innsbruck. S. 727.
- Shapley: Das Milchstraßensystem. S. 139.
- Die Nachforschung nach kugelförmigen Sternhäufen. S. 209.
- Die Verteilung der Sterne verschiedener Spektraltypen in der Milchstraße. S. 292.
- Die Entfernungen der B-Sterne. S. 712.
- und Cannon: Die scheinbare Verteilung der Heliumsterne. S. 116.
- Störmer, C.: Die Nordlichterscheinungen und die sich anschließenden Probleme. S. 136.
- Strömgren, E.: The distribution of the velocities of stars of spectral types F to M. S. 505.
- Trümpler, R.: Comparison and classification of star-clusters. S. 15.
- Wirtz, Carl: Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhäufen. S. 507.
- Wolf: Die Absorption des Sternenlichtes durch dunkle Nebel. S. 864.

Physik, Chemie und physikalische Chemie.

- Armstrong, Henry A.: Kohlenoxyd im Tabakrauch. S. 138.
- Andrew, J. H., und R. Higgins: Rekristallisation und Diffusion. S. 233.
- Bechert, Fr.: Über den Grad der Genauigkeit von Messungen an stereoskopischen Röntgenbildern nach der Methode von Hasselwander. S. 236.
- Bijvoet und Karssen: Die Struktur des LiH. S. 162.
- Cohen, Ernst: Van Boerhaave tot Kamerlingh Onnes. S. 14.
- Dégoutin: Bildung der Salzlager. S. 364.
- Erggelet, H.: Gab es schon vor Helmholtz einen Augenspiegel? S. 236.

- Guild, J.: Die Photometrie von optischen Instrumenten. S. 504.
 Karrer, P.: Aufbau des Chitins. S. 46.
 Keesom, W. H., und J. de Smedt: Die Beugung von Röntgenstrahlen in Flüssigkeiten. S. 162.
 Moore und Beckinsale: Das Aufreißen von kalt-gereckten Messinggegenständen. S. 529.
 Schumann, R.: Über die Leistungen der Eötvöschschen Schwerewage. S. 80.
 Völitz, W.: Die neuen Methoden der Konservierung saftreicher Futterstoffe. S. 47.
 Waetzmann, E.: Zusammenklang Königscher Stimmgabeln. S. 362.
 Whiteley: Beeinflussung der Unterkühlung durch Deformation. S. 234.
 Zeeman, P., und H. W. Dik: Über einen Zusammenhang zwischen den Spektren des ionisierten Kaliums und des Argons. S. 161.

Geographie, Meteorologie und Geologie.

- Bäumler, M.: Das gleichzeitige Auftreten atmosphärischer Störungen. S. 799.
 Goldschmidt, V. M., und L. Thomassen: Die Kristallstruktur natürlicher und synthetischer Oxyde von Uran, Thorium und Cerium. S. 452.
 — Ein besonders hafniumreiches Mineral. S. 454.
 Grengg, R.: Vorläufige Ergebnisse aus den Schwerewagenmessungen in der Ebene östlich von Zillingdorf. S. 80.
 Grinnell, Joseph: A geographical study of the kangaroo rats of California. S. 46.
 Herrmann, Rudolf: Die Anzapfung des Alto Paraná-Uruguay und die Entstehung der Lagune Iberá. S. 455.
 Jensen, P. F.: Expeditionen til Vestgrønland Sommeren 1922. S. 982.
 Irving, Wilfred: The salts of the Dead Sea and River Jordan. S. 983.
 Mertens, A.: Vom Biber an der Elbe. S. 235.
 Nordenskjöld, Otto: Eine Reise in den peruanischen Hoch- und Ostkordillern. S. 456.
 Rice, A. Hamilton: The Rio Negro, the Casiquiare canal and the upper Orinoco. S. 456.
 Sullivan, Henry B.: A catalogue of geological maps of South America. S. 455.
 Ward, R. de C.: Hitzewellen und heiße Winde in Nordamerika. S. 800.
 — Kältewellen, Northers und Blizzards in Nordamerika. S. 981.

Allgemeine Biologie und Physiologie.

- Boresch, Karl: Die komplementäre chromatische Adaptation. S. 711.
 Buytendijk, F. J. J.: Über eine Methode zur Untersuchung des chemischen Sinnes niederer Tiere und einige Ergebnisse an Daphnien. S. 709.
 Goldschmidt, R.: Neue Untersuchungen über Intersexualität. S. 387.
 Gurwitsch, Alexander: Über den Begriff des embryonalen Feldes. S. 360.
 Haldane, J. S.: A lecture on the fundamental conceptions of biology. S. 767.
 Hunter, Walter S.: Hemmung der Gewohnheitsbildung durch bestehende Gewohnheiten bei der weißen Ratte und dem Menschen. S. 528.
 Keith, Arthur: Die Entwicklung der Menschenrassen im Lichte der Hormontheorie. S. 47.
 Koningsberger, J. V.: Eine neue Methode der Wachstumsregistrierung. S. 184.

- Lehmann, Conrad: Untersuchungen über die Sinnesorgane der Medusen. S. 708.
 Light, S. F.: Amphioxus fisheries near the University of Amoy, China. S. 896.
 Montfort, C.: Die Wasserbilanz in Nährungs-, Salzlösung und Hochmoorwasser. S. 799.
 Raut, A.: Der Ambrosiapilz der Termiten. S. 876.
 Rebello, Silvio: Die aktuelle Reaktion der Gewebe bei Bromthymolblau. Eine Methode zur Erkennung des wirklichen Todes. S. 48.
 Rudolph, K., und F. Firkas: Pollenanalytische Untersuchungen böhmischer Moore. S. 308.
 Schiefferdecker, P.: Die Hautdrüsen des Menschen und der Säugetiere. S. 895.
 Spek, J.: Über den physikalischen Zustand von Plasma und Zelle der Opalina ranarum. S. 968.
 Stein, Emmy: Über den Einfluß von Radiumbestrahlung auf Antirrhinum. S. 308.
 Steinberger, Anna Luise: Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen von Luft- und Wasserspalten. S. 184.
 Suessenguth, K.: Über den tagesperiodischen Farbwechsel von Selaginella. S. 696.

Botanik.

- Arens: Periodische Blütenbildung bei Orchideen. S. 877.
 Bauch: Sekundäre Geschlechtsmerkmale bei Brandspitzen. S. 184.
 Buddenbrock, W. v.: Untersuchungen über den Mechanismus der phototropen Bewegungen. S. 830.
 Cholodnyi: Über Beziehungen zwischen Eisenbakterien und Algen. S. 307.
 Correns, C.: Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauerampfer (*Rumex Acetosa*). S. 308.
 Fitting, H.: Über den Einfluß des Lichts und der Verdunkelung auf die Papaverschäfte. S. 528.
 Gutenberg, H. v.: Studien über den Phototropismus der Pflanzen. S. 183.
 Harder: Über die Bedeutung von Lichtintensität und Wellenlänge für die Assimilation farbiger Algen. S. 831.
 Höstermann: Pflanzenkulturversuche mit künstlichem Licht. S. 48.
 Iljin: Über den Einfluß des Welkens auf die Regulierung der Spaltöffnungen. S. 832.
 Knoll, Fritz: Der Tierversuch im Dienste der Blütenökologie. S. 696.
 Kostytschew: Über die Ernährung der grünen Halbschmarotzer. S. 185.
 Kotte, Walter: Kulturversuche mit isolierten Wurzelspitzen. S. 186.
 — Zur Reizphysiologie der Fucuspermatozoiden. S. 832.
 Laibach: Die Abweichungen vom „mechanischen“ Zahlenverhältnis der Lang- und Kurzgriffel bei heterostylen Pflanzen. S. 876.
 Leeuwen, M. Docters van: Die neue Flora von Krakatau. S. 877.
 Maximow, N. A.: Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die Düreresistenz der Xerophyten. S. 711.
 Melin, E.: Über die Lärchenmykorrhiza. S. 185.
 — Ultramikroskopische Mikroben im Waldboden. S. 696.
 Metzner, Paul: Über den Farbstoff der grünen Bakterien. S. 711.

- Müller, K.: Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit. S. 727.
 Overbeck, F.: Der Mechanismus der Samenauscheidung von Oxalis. S. 695.
 Richter, O.: Neue Mittel zum Fröhrtreiben. S. 877.
 Schmitt, Emma Maria: Über die Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen Blütenstielbewegungen. S. 186.
 Snow, R.: Die Leitung des geotropischen Reizes bei Wurzeln. S. 832.
 Stern: Zur Elektrophysiologie der Berberisblüte. S. 878.
 Stocker, O.: Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen. S. 726.
 Touton, K.: Die rheinischen Hieracien. S. 307.
 Ubisch, G. v.: Über Vererbung und Fertilität bei Heterostylie. S. 876.
 Weber, F.: Fröhrtreiben durch Quetschen. S. 878.
 Ziegelmayer, W.: Ein Mutualismus zwischen subterranean Copepoden und Schwefelbakterien. S. 877.

Zoologie.

- Bowman, A.: Der Schellfisch auf den Heringslaichplätzen. S. 766.
 Brody, Samuel, und Arthur C. Ragsdale: Die Vergleichbarkeit des Alters bei Tieren. S. 481.
 Clark, A. H.: Die Entstehung der Wirbeltiere. S. 693.
 Eastman, Charles R.: A Bibliography of Fishes. S. 361.
 Finkler, W.: Kopftransplantation an Insekten. S. 967.
 Frisch, K. v.: Über die Verdauung von Hydra. S. 966.
 — Ein Zwergwels, der kommt, wenn man ihm pfeift. S. 967.
 Haberlandt, G.: Die Entwicklungserregung parthenogenetischer Eizellen. S. 388.
 Icard, Séverin: Die Mauereidechse als physiologisches Reagens auf Gifte. S. 482.
 Köhler, O.: Über den Einfluß des Keimzellenalters auf die Vererbungsrichtung. S. 768.
 — Über die Geotaxis von Paramaecium. S. 694.

- Moore, A. R.: Galvanotaxis beim Regenwurm. S. 829.
 Nicholis, Edith E.: Eine Untersuchung über die spontane Tätigkeit des Meerschweinchens. S. 527.
 Parker, G. H.: Geotaxis bei dem Seeigel Centarchinus. S. 695.
 Rabaud, Etienne: Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Spinnen. S. 829.
 Stiasny, Gustav: Die wurzelmündigen Quallen (Rhizostomeen) der Südsee. S. 361.
 Swarth, H. S.: Birds and mammals of the Stikine river region of northern British Columbia and southern Alaska. S. 234.
 Tirala, Lothar: Über den Einfluß der Äthernarkose auf die Heimkehrfähigkeit der Bienen. S. 710.
 Uphof, I. C. Th.: Die moderne Insektenbekämpfung in den Vereinigten Staaten. S. 691.

Medizin.

- Benedict, Francis G.: Der Stoffwechsel im Hunger und bei Unterernährung. S. 187.
 Collip, J. B.: Das Auftreten der Ketonkörper im Urin normaler Kaninchen bei Insulinhypoglykämie, eine experimentell erzeugte acute Acidosis. S. 942.
 Bramwell, J. Crighton, und A. V. Hill: Die Geschwindigkeit der Pulsweite des Menschen. S. 187.
 Curschmann, Hans: Über die Einwirkung der Kriegskosten auf die Basedowsche Krankheit. S. 188.
 Dale, H. A.: Eine Vorlesung über die Physiologie des Insulins. S. 941.
 McCornick, N. A., J. J. R. MacLeod, E. C. Noble und K. O'Brien: Der Einfluß des Ernährungszustandes des Tieres auf die Insulinhypoglykämie. S. 941.
 Mackenzie, Donald: Die relative Empfindlichkeit des Ohres. S. 15.
 MacLeod, J. J. R.: Insulin. S. 942.
 — Der Ursprung des Insulins. S. 943.
 Mann, Frank C., und Thomas B. Magath: Untersuchungen über die Physiologie der Leber. S. 943.
 Pawloff, I. P.: Die trophische Innervation. S. 188.
 Schridde, Hermann: Krebshaare. S. 46.

Zuschriften an die Herausgeber und vorläufige Mitteilungen.

- Baschin, O.: Erdrotation und tektonische Bewegungen der Erdkruste. S. 292.
 Beckenkamp, J.: Atomanordnung der kristallisierten Elemente. S. 667.
 Bothe, W.: Zur Frage der Feinstruktur der Balmerlinien. S. 45.
 — Elektronenrückstoß bei der Zerstreuung der Röntgenstrahlen und Lichtquantenhypothese. S. 965.
 Coster, D., und G. v. Hevesy: Über das Element der Atomzahl 72. S. 133.
 Eßlen, Joseph Bergfried: Zur Geschichte des optischen Glases. S. 159.
 Faerber, Max: Zur Auffassung des Raumbegriffes. S. 814.
 Freund, Ludwig: Das Verhältnis der Eiggröße zur Körpergröße des Vogels. S. 158.
 Gerhardt, U.: Neue morphologische und biologische Untersuchungen an Spinnen. S. 912.

- Gerlach, Walther: Über das Leuchten der Flammen. S. 782.
 — und W. Schütz: Über den Nachweis magneto-optischer Effekte in schwächsten Magnetfeldern. S. 637.
 Grotian, Walter: Das Blei-Bogenspektrum. S. 255.
 Gudden, B., und R. Pohl: Phosphoreszenzbeobachtung am Röntgensschirm. S. 340.
 Haber, Fritz: Bemerkung zu vorstehender Notiz (s. Max Trautz). S. 339.
 Hanle, W.: Über den Zeemaneffekt bei der Resonanzfluoreszenz. S. 690.
 Hecht, H.: Erwiderung (s. A. Kreidl und S. Gatscher). S. 338.
 Hertz, G.: Über die Anregung von Spektrallinien durch Elektronenstoß. S. 778.
 Hondl, Stanko: Zur Ableitung der Lorentz-Einsteinschen Transformationsgleichungen. S. 1014.
 Kreidl, A., und S. Gatscher: Über die Lokalisation von Schallquellen. S. 337.

- Kuhn, Alfred, Über die Quellung der Gelatine in Säuren. S. 523.
- Ladenburg, Rudolf, und Hermann Senftleben, Über das Leuchten der Flammen. S. 1013.
- Lanczos, Kornel, Bemerkung zur Theorie der Merkurperihelverschiebung. S. 910.
- Landé, A., Das Versagen der Mechanik in der Quantentheorie. S. 725.
- Laporte, Otto, Multipletts im Spektrum des Vanadiums. S. 779.
- Loeb, Jacques, Bemerkungen zur Kritik des Herrn Ostwald. S. 525.
- Über die angebliche Gültigkeit der Hofmeister'schen Anionenreihen bei der Quellung von Eiweißkörpern. S. 525.
- Mark, H., M. Polanyi, E. Schmid, Untersuchungen an Sn-Einkristalldrähten. S. 256.
- McKee, Ralph H., „Intarvin“, ein neues synthetisches Heilmittel gegen Diabetes. S. 938.
- Mecke, R., Neuere Beiträge zur Kenntnis der Bandenspektren. S. 637.
- Nölke, Fr., Über den Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste. S. 207.
- Ostwald, Wo., Über die Erklärung für das kolloide Verhalten der Eiweißkörper. S. 523.
- Paschen, Friedrich, Über die Schwingungsdifferenz der Linien des Dublets. S. 434.
- Zur Kenntnis des Kombinationsprinzips. S. 638.
- Petersen, H., Der Hai. S. 911.
- Petzoldt, J., Die physikalische Wirklichkeit. S. 828.
- Prandtl, L., Zur Hydrodynamik der Infusorien. S. 640.
- Pringsheim, E. G., Über die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes beim Phototropismus der Pflanzen. S. 656.
- Rohr, M. v., Zur Geschichte des optischen Glases. S. 160.
- Runge, C., Bemerkung über die Spektren der Alkalien. S. 433.
- Erwiderung (s. F. Paschen). S. 640.
- Seeliger, Rud., Ein Vorschlag zur Raumfrage. S. 725.
- Simon, F., und Cl. v. Simson, Die Kristallstruktur des Argons. S. 1015.
- Smekal, A., Zur Quantentheorie der Dispersion. S. 873.
- Störmer, Carl, Ultraviolette Nordlichtstrahlen. S. 338.
- Thorsen, V., Serien im Blei-Bogenspektrum. S. 78.
- Seriendarstellung des Gold-Bogenspektrums. S. 500.
- Tiede, Erich, und Artur Schleede, Lumineszenzerregung durch aktiven Stickstoff. S. 765.
- Trautz, Max, Zur Geschichte des Ammoniakverfahrens. S. 339.
- Warburg, Otto, Über die antikatalytische Wirkung der Blausäure. S. 159.
- und Walter Brefeld, Über Blutkohle und Häminkohle. S. 862.
- Wöhlisch, Edgar, Zur Theorie des Phänomens der Blutkörperchensenkung. S. 875.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 1. (Seite 1—16.)

5. Januar 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Zum Gedächtnis Karl Ludwigs. Von *J. v. Kries*, Freiburg i. Br. S. 1.

Die meteorologischen Bedingungen für den Segelflug. Von *Kurt Wegener*, Flugplatz Staaken. (Mit 5 Abbildungen.) S. 4.

Was liegt unter dem Granit? Von *Hans Cloos*, Breslau. (Mit 2 Abbildungen.) S. 7.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Vor 400 Jahren um die Erde und heut. Das Luftschiff im Dienste des Weltverkehrs und der Wissenschaft. S. 10.

Die aerologische Tagung zu Lindenberg und die Begründung der meteorologischen Arbeitsgemeinschaft. S. 12.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 13—15.

Weiteres von der britischen Kuckucksforschung. Heike Kamerlingh Onnes. Die relative Empfindlichkeit des Ohres.

Astronomische Mitteilungen. S. 15—16.

Die charakteristischen Eigenschaften der Sternhaufen (mit 3 Abbildungen).

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vorzugspreis für die Bezieher der Naturwissenschaften

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“

Soeben erschienen: **Vierter Band:**

Einführung in die Geophysik. Von Professor Dr. A. Prey - Prag, Professor Dr. C. Mainka - Göttingen, Professor Dr. E. Tams - Hamburg. Mit 82 Textabbildungen. G. Z. 12; geb. G. Z. 13. Vorzugspreis für die Bezieher der „Naturwissenschaften“ G. Z. 10; geb. G. Z. 11

Vor kurzem erschienen: **Dritter Band:**

Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen. Elementar dargestellt von Max Born. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 135 Textabbildungen. 1922. G. Z. 7,2; geb. G. Z. 10. Vorzugspreis für die Bezieher der „Naturwissenschaften“. G. Z. 6,4; geb. G. Z. 9.

Zweiter Band:

Die binokularen Instrumente. Nach Quellen und bis zum Ausgang von 1910 bearbeitet. Von Moritz von Rohr, Dr. phil., wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena und a. o. Professor an der Universität Jena. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 136 Textabbildungen. 1920. G. Z. 8. Gebunden G. Z. 11. Vorzugspreis für die Bezieher der „Naturwissenschaften“. G. Z. 7,2; gebunden G. Z. 9,9.

Erster Band: Vergriffen!

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 400.— für Januar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 125.—.

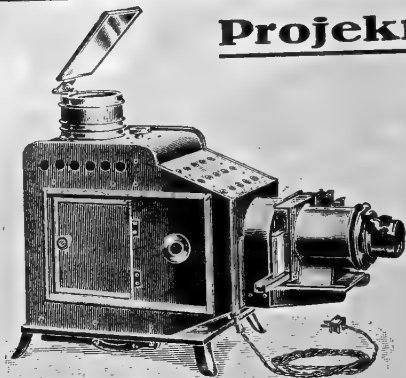
Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst. 0050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer.
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118933 Julius Springer.



Listen frei

Projektionsapparate Liesegang**Neu!****Janus-Epidiaskop****Neu!**

(D. R. Patent 366 044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von Papier- und Glasbildern.

An jede elektrische Leitung anschließbar! Leistung vorzüglich!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach 124

Die großen Handbücher

von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. zur **Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder Quartalsraten von (297)

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter **Nw. 293** an die Exped. dieser Zeitschr. erb.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9**Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere**

Herausgegeben von

F. Czapek, M. Gildemeister, E. Godlewski jun., C. Neuberg, J. Parnas.

Redigiert von **J. Parnas.**

Erster Band: **Die Wasserstoffionen-Konzentration.** Ihre Bedeutung für die Biologie und die Methoden ihrer Messung. Von Dr. **Leonor Michaelis**, a. o. Professor an der Universität Berlin. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. In 3 Teilen. Erster Teil: **Die theoretischen Grundlagen.** Mit 32 Textabbildungen. 1922. G. Z. 8.8, geb. G. Z. 11

Zweiter Band: **Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine Physiologie.** Von **Hans Winterstein**, Professor der Physiol. und Direktor des Physiol. Instituts der Universität Rostock i. M. Mit 7 Textabbildungen. 1919. G. Z. 10

Dritter Band: **Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels.** Von Dr. **M. Guggenheim.** 1920. G. Z. 12

Die Grundzahlen (GZ) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Zum Gedächtnis Karl Ludwigs¹⁾.

Von J. v. Kries, Freiburg i. B.

Hochansehnliche Versammlung! Den gewaltigen Strom mannigfachen wissenschaftlichen Arbeit, von dem wir uns hier umbräust fühlen, ist wohl geeignet, trotz aller Not der Zeit unsere Blicke hoffnungsmutig auf die Zukunft zu richten. Wenn aber die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte diesmal die Hundertjahrfeier ihrer Begründung und ersten Tagung begeht, so bietet das den Anlaß auch für manche rückschauende Betrachtung. Und so dürfen wir es dankbar begrüßen, daß die Geschäftsleitung den Anstoß gegeben hat, hier eines Mannes zu gedenken, dessen Persönlichkeit und dessen Arbeit für die Entwicklung der gesamten medizinischen Wissenschaften in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts von hervorragender Bedeutung gewesen ist, und dessen Erinnerung uns hier in Leipzig doppelt nahe liegt, des Meisters deutscher Physiologie, Karl Ludwig. — Noch steht in der Liebigstraße das schlichte Haus, in dem er mehr als drei Jahrzehnte hindurch in rastloser Arbeit eine Fülle neuer Tatsachen gefunden und der Forschung neue Wege erschlossen hat, in dem sich Jahr für Jahr zahlreiche Schüler und Mitarbeiter aus aller Herren Ländern zusammenfanden, und das sich den Ehrennamen der berühmtesten aller physiologischen Anstalten alsbald erworben und bis jetzt unbestritten bewahrt hat. Bei Gelegenheit des letzten internationalen Physiologenkongresses in Groningen, 1913, wurde der Plan festgelegt, im Jahre 1916 den hundertjährigen Geburtstag Ludwigs durch die Herausgabe eines Sammelwerkes zu feiern, das in systematischer Weise eine Übersicht über des Meisters wissenschaftliches Lebenswerk geben sollte. Dieser Gedanke, wie so vieles andere, wurde in den Mitten des Weltkrieges begraben und kann nicht wieder aufgenommen werden. So müssen wir uns begnügen, von dem großen Physiologen hier in kurzem Gedenkwort zu reden.

Wer heute auf die wissenschaftliche Arbeit Ludwigs zurückblickt, dem fällt wohl zunächst ein, daß Ludwig in einer Anzahl von Fällen Erfolge beschieden waren, die man im engeren Sinne als Entdeckungen zu bezeichnen pflegt; die Auffindung völlig neuer Tatsachen, womit denn auch zugleich neue Forschungsgebiete eröffnet werden. Dahin gehört neben vielem andern namentlich schon der erste seiner großen Erfolge, der an den Mundspeicheldrüsen geführte Nachweis der

Drüseninnervation. Wichtiger jedoch als diese einzelnen Entdeckungen war die systematische und planvolle Durchforschung ganzer Gebiete physiologischer Verhältnisse und Funktionen. In der Tat gleicht die Ludwigsche Arbeit, wenn wir sie im ganzen überblicken, in keiner Weise einem hemmungslosen Siegeszug. Sie gewährt vielmehr das Bild eines mühsamen Vorwärtstastens, bei dem der gangbare Weg nur schrittweise erkannt werden kann, bei dem die Auffindung neuer Tatsachen sich als die Antwort auf planvoll gestellte Fragen ergibt, wo wiederum durch die Feststellung einer Tatsache die nunmehr in Angriff zu nehmenden weiteren Fragen sich bestimmen, so daß in einer oft durch viele Jahre erstreckten Arbeit ganze Gebiete sozusagen Stück für Stück erobert wurden. Dabei müssen wir sogleich noch eines besonderen Umstandes gedenken.

Der Auffindung neuer Tatsachen ging überall die Ausbildung der methodischen Hilfsmittel parallel; ja beides griff beständig ineinander, indem die vervollkommnete Beobachtung neue Tatsachen erkennbar machte, andererseits aber für die Sicherstellung, Erweiterung und Verfolgung solcher Tatsachen neue Verfahrensweisen herangezogen werden mußten. So entstand Kymographion und Strömuhr, Blutgaspumpe, Tonometer, Plethysmograph, elektrisches Reizungsverfahren von höchster Präzision und vieles andere. Von der Bereicherung des physiologischen Verfahrens, die wir Ludwig verdanken, würden wir uns indessen ein falsches Bild machen, wenn wir nur an instrumentelle Hilfsmittel dächten. Von noch größerer Bedeutung war es, daß in anderem Sinne neue Wege eingeschlagen wurden. Hier wurde zum erstenmal der denkwürdige Versuch gemacht, ein ausgeschaltetes, von künstlicher Ernährungsflüssigkeit gespeistes Froschherz seine Bewegungen aufzeichnen zu lassen, so daß die Abhängigkeit seiner Tätigkeit von der Natur der Durchspülungsflüssigkeit, der Temperatur, mechanischen Bedingungen usw. verfolgt werden konnte. Damit war der Ausgangspunkt für die „Durchleitungsversuche an überlebenden Organen“ gewonnen, die dann auf die Niere, Leber, Darm, Skelettmuskel angewandt, sich zu einer so überaus fruchtbaren Methode entwickelt haben. Hier wurde zum erstenmal ein Stück einer menschlichen Extremität in einen Zylinder eingeschlossen, die Änderungen seines Volumens verfolgt und so das merkwürdige Wechselspiel der Gefäßinnervationen aufgedeckt. Hier begann man, die Ausführungsgänge der Drüsen und den Milchbrustgang aufzusuchen und zu eröffnen, ihren In-

¹⁾ Nach einem am 19. September 1922 in Leipzig in der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte gehaltenen Vortrag.

halt durch eingebundene Röhren nach außen abfließen zu lassen und zur Untersuchung zu bringen. Hiermit war der Weg eröffnet, die absondernde Funktion der Drüsen und den Lymphstrom streng zu untersuchen und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren zu verfolgen. So entstand unter *Ludwigs* Händen eine ganz neue physiologische Methodik, die nämlich, die jetzt noch grundlegende Bedeutung besitzt. Denn auch jetzt begegnen wir in der Experimentalphysiologie auf Schritt und Tritt entweder den Ludwigschen Verfahrensweisen selbst oder doch, wenn ich mich so ausdrücken darf, ihren Kindern und Enkeln.

Betrachten wir die Ergebnisse der Ludwigschen Forschung im einzelnen, so fällt mehr noch als der erstaunliche Umfang (es wurden in den Jahren 1864–1895 mehr als 200 zum Teil sehr umfangreiche Arbeiten aus der Leipziger Anstalt veröffentlicht) die Mannigfaltigkeit der Gegenstände auf, denen sie galt. In der Tat gibt es mit alleiniger Ausnahme der Sinnesphysiologie, deren eigenartige Methodik etwas seinem Wesen Widerstrebendes einschloß, kein Gebiet der Physiologie, mit dem er sich nicht in weit ausgreifenden und zusammenhängenden Untersuchungen beschäftigt hätte. Sollen wir die Gebiete bezeichnen, in denen in erster Linie unser Wissen sich als Ergebnis Ludwigscher Arbeit kennzeichnet, so wäre wohl die Lehre vom *Kreislauf und seinen Organen* an die Spitze zu stellen. Der Druck und die Strömung des Blutes wurde mit einer alle früheren Versuche weit übertreffenden Genauigkeit gemessen und in ihrer Abhängigkeit von unzähligen Bedingungen verfolgt. Die Tätigkeit des Herzens wurde in den verschiedensten Richtungen untersucht und unter anderem das grundlegende, seine Arbeitsweise von der des Skelettmuskels unterscheidende *Alles- oder Nichts-Gesetz* festgestellt. Neben den schon länger bekannten hemmenden wurden die beschleunigenden Herznerven gefunden, ihre anatomischen Verhältnisse aufgeklärt und der merkwürdige Zusammenhang beider Innervationen studiert. Das weite Gebiet der Gefäßinnervation wurde in ausgiebigster Weise erforscht, das Bestehen und die Bedeutung des *Gefäßtonus* dargelegt.

An zweiter Stelle wäre wohl die Lehre von den *Absonderungen* zu nennen. In der soeben schon erwähnten Weise wurde die Tätigkeit der Bauch- und der Mundspeicheldrüsen, der Leber und vor allem auch der Niere verfolgt, Menge und Beschaffenheit des Sekrets beobachtet, die Bedeutung hier der Innervation, dort der chemischen Zusammensetzung des Blutes, seines Gehalts an „harnfähigen Substanzen“, der Zusammenhang mit der Durchblutung und vieles andere ermittelt. Und als ein drittes Gebiet wäre wohl das der *Atmung* zu nennen, deren Aufklärung *Ludwig* vorzugsweise von der Seite der Blutgase näher zu kommen suchte. Die Begriffe der lockeren chemischen Bindung, des Partialdruckes u. a. wurden

hier, sei es erstmals gebildet, sei es für die physiologischen Verhältnisse herangezogen, die Gasgehalte arteriellen und venösen Blutes unter verschiedenen Bedingungen gemessen, die Verteilung der Kohlensäure zwischen geformten Bestandteilen und Blutflüssigkeit festgestellt.

Aber auch zahlreichen andern Gebieten galten die Arbeiten des Ludwigschen Institutes. Es sei, um nur einiges anzuführen, an die Aufsaugung der Nährstoffe, namentlich des Fetts, an den Zuckergehalt des Blutes, an die Aufsuchung der Leitungsbahnen im Rückenmark, die Summation der Reize bei der Auslösung von Reflexen, Ermüdung, Erholung und Stoffwechsel des Skelettmuskels erinnert. Nicht als ob wir damit den Anteil anderer Forscher an jedem dieser Gebiete verkleinern oder gar bestreiten wollten. Was uns *Cl. Bernard* in bezug auf die Gefäßinnervation, *Heidenhain* über die Absonderungen, *Pflüger* über die Atmung gelehrt haben, wird keine historische Betrachtung übersehen oder unterschätzen können. Aber gerade die planvolle Inangriffnahme großer Gebiete, die in zahlreichen sich folgerichtig aneinanderanschließenden Arbeiten erschlossen wurden, charakterisiert doch besonders die Ludwigsche Arbeitsweise. Hierauf beruht es, daß sich seine Ergebnisse so vielfach zu einer festen Grundlage zusammenschließen, auf der die spätere Forschung weiter zu bauen vermag, darauf beruht es, daß auch die gegenwärtige ärztliche Überlegung, oft genug wohl ohne es zu wissen und zu bemerken, sich auf die Ergebnisse Ludwigscher Forschung stützt und in seinen Gedankengängen bewegt.

Der gegenwärtige Anlaß legt die Frage nahe, ob die ganze Art, wie *Ludwig* die Aufgabe der Physiologie auffaßte und in Angriff nahm, noch die der Gegenwart, namentlich der jetzt jungen Generation ist. Treiben wir noch Physiologie im Ludwigschen Sinn und Geist? Oder liegt die Physiologie, die wir ihm und überhaupt der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verdanken, als etwas Abgeschlossenes oder gar Überwundenes hinter uns? Ich glaube, daß diese Fragen trotz mancher Tatsachen, die es vielleicht anders aussehen lassen, doch unbedenklich im ersteren Sinne zu beantworten sind. Richtig ist freilich, daß in den letzten Jahrzehnten Tatsachen gefunden und Forschungsgebiete eröffnet worden sind, die damals, als *Ludwig* achtundsiebzigjährig die Augen schloß, eben erst in ihren Anfängen sichtbar wurden, und daß Dinge, die in seiner Lebensarbeit noch keine Rolle gespielt haben, jetzt mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses gerückt sind. Es sei hier nur an die Lehre von der *inneren Sekretion* und den *Hormonen* erinnert, namentlich aber an denjenigen Gegenstand, von dem wir hier alsbald sprechen zu hören die Freude haben werden, die Grenzgebiete physikalischen und chemischen Geschehens, die Kolloidchemie, die „Welt der vernachlässigten Dimensionen“.

Indessen muß doch zunächst daran erinnert

werden, daß das, was uns *Ludwig* gegeben hat (er selbst war davon aufs tiefste durchdrungen), fast nirgends die abschließende Erledigung eines Gegenstandes, in den meisten Fällen aber wohl Anfänge und feste Grundlagen bedeutete, die zugleich den Ausblick auf eine Fülle weiterer gleichartiger Forschungsarbeit eröffnete. Wer wollte z. B. verkennen, daß die berühmten Versuche *Pawlows*, wie hoch auch immer wir ihren methodischen Fortschritt veranschlagen, sich doch den älteren *Ludwigschen* aufs engste anschließen. Wer wollte verkennen, daß in bezug auf die Innervation des Herzens und das ganze Problem der Rhythmik die Fragen, die *Ludwig* beschäftigten, auch jetzt noch ungelöst sind, und daß die Forschung sich noch lange auf den von ihm eingeschlagenen Wegen weiter zu bewegen haben wird.

Wir dürfen ferner bemerken, daß jene eben erwähnte Gruppe von Funktionen, die wir als innere Sekretion bezeichnen, uns vor Aufgaben gestellt hat, die denjenigen ganz ähnlich sind, die zunächst für die äußere Sekretion in Angriff genommen, und zum Teil gelöst worden sind.

Vor allem aber müssen wir beachten, daß, wenn wir überhaupt ein maßgebendes Merkmal der *Ludwigschen* Forschung anzugeben wünschen, wir es in nichts anderem finden können als in dem Bestreben, den biologischen Vorgang mit sichtbaren mechanischen Einrichtungen, mit bekannten Verhältnissen physikalischen oder chemischen Geschehens in Zusammenhang zu bringen und in diesem Sinne verständlich zu machen. Was wir jetzt eine *mechanistische Auffassung* der Lebensvorgänge nennen, war ihm zwar ganz gewiß keine dogmatische Überzeugung. Allgemeine Erwägungen dieser Art lagen seiner, ganz auf Experiment und Anschauung gerichteten Denkweise überhaupt wenig. Wohl aber deckt sich jene Auffassung mit dem, was ihm ein zunächst unbedingt festzuhaltender und durchaus selbstverständlicher Grundsatz der Forschung war. Nirgends war er mehr in seinem Element als bei der Erwägung, wie Bau und Bewegung des Zwerchfells die Aufsaugung und Fortschaffung der lymphatischen Flüssigkeit aus der Bauchhöhle zuwege bringen, welche Bedeutung die Gefäßbildung im Glomerulus der Niere für die Absonderung des Harns besitzt, wie die Anordnung der Fasern im Herzen die ausgiebige Entleerung dieses Organes begünstigen. So versuchte er die Bewegung der Gase bei der äußeren und inneren Atmung aus den Verhältnissen des Druckes verständlich zu machen. Und so machte schon der junge Forscher den kühnen Versuch, die Absonderungstätigkeit der Niere auf Vorgänge der Filtration und Diffusion zurückzuführen. Diese ganze Auffassung der Physiologie kam schon darin zum Ausdruck, daß *Ludwig* als erster dem im engeren Sinne physiologischen Teil seiner Anstalt eine histologische und eine chemische Abteilung angliederte. Und es gelang ihm auch, diese Abteilungen Männern zu unterstellen, die nach Maßgabe ihrer spezieller orientierten Vorbildung ihm

hilfreich und ergänzend zur Seite standen, sich zugleich aber in fruchtbarer Zusammenarbeit in den Dienst seiner wissenschaftlichen Pläne stellten. — Wenn daher jetzt das Grenzgebiet der Physik und Chemie immer mehr zur Deutung der Lebenserscheinungen herangezogen wird, so berührt sich das im Grunde aufs engste mit der ganzen Art, in der *Ludwig* die Aufgabe der physiologischen Forschung auffaßte. Und man kann wohl mit einiger Sicherheit sagen, daß, wenn *Ludwig* die neuere Entwicklung der physikalischen Chemie noch erlebt hätte, er ihre Errungenschaften nicht nur mit freudigem Interesse, sondern geradezu mit heller Begeisterung begrüßt haben würde. Für Fragen, die ihn sein Leben lang beschäftigt haben, wie die Art der Kohlen säurebindung im Blut, hätte er hier die langgesuchte Lösung gefunden. Und für zunächst nicht geglückte Aufgaben, wie eine physikalische Deutung der Absonderungsvorgänge, hätte er hier mit Freude neue Wege sich eröffnen sehen. Auch der Versuch, die Zusammenziehung des Muskels auf Kräfte der Quellung oder Oberflächen spannung zurückzuführen, liegt ganz im Sinne seiner Denkweise. Eine geschichtliche Betrachtung wird daher, wenn sie überhaupt Epochen der Physiologie unterscheiden will, ihre Grenzlinien ganz anders ziehen. Und sie wird nicht daran denken können, die moderne Physiologie derjenigen *Ludwigs* und seiner Zeitgenossen als etwas Neues, scharf Getrenntes gegenüberzustellen. Vielmehr ist anzuerkennen, daß sie in bezug auf Betrachtungsweise und Zielsetzung namentlich auch in der Methodik mit jener älteren doch noch grundsätzlich übereinstimmt, und daß daher auch der allgemeine Charakter, der der Physiologie damals aufgeprägt wurde, und die Auswirkungen der damaligen Arbeit noch jetzt überall erkennbar sind.

Die umfangreichen wissenschaftlichen Erfolge, die von der Leipziger Physiologischen Anstalt ausgingen, wären nicht möglich gewesen, wenn ihrem Leiter nicht von Anfang bis zu Ende eine große Zahl von Schülern und Helfern zur Seite gestanden hätte. Und wir kommen hiermit auf den Punkt, der in dem ganzen Lebenswerk *Ludwigs* vielleicht der auffälligste und bedeutendste gewesen ist. Wenn lange Zeit hindurch aus allen Ländern der Welt diejenigen, die sich der Physiologie berufsmäßig widmen wollten, hier zusammenströmten, so hatten daran einen großen Anteil auch die persönlichen Eigenschaften *Ludwigs*, die ihn zu einem Lehrer ersten Ranges machten, seine *pädagogische Meisterschaft*. Mit großer Kunst verstand er jeden so zu beschäftigen, wie es einerseits für die Lösung bestimmter wissenschaftlicher Aufgaben, andererseits für des Schülers persönliche Ausbildung und Förderung dienlich war. So war denn auch die äußere Form je nach Umständen die verschiedenste. In feiner Anpassung wußte er hier in engster Zusammenarbeit zu unterweisen, dort selbständigen Können

freie Bahn zu lassen. Immer aber nahm er an dem Fortgang jeder Arbeit lebendigsten Anteil; immer war er bereit, nicht nur sich selbst in lebenswürdigster Weise mitzuteilen, sondern auch auf Gedanken und Wünsche des Schülers einzugehen, erhaltene Ergebnisse und Plan der Weiterarbeit auf fast kameradschaftlichem Fuße zu erörtern. Und immer war der Verkehr getragen von der aufopfernden Selbstlosigkeit, mit der *Ludwig* sich seinen Schülern widmete, von der großen Herzensgüte, die er jedem entgegenbrachte, nicht minder aber auch von der liebevollen Verehrung, mit der die Schüler an ihm hingen.

Und wiederum wurde das Arbeiten im Ludwigschen Institut durch diese Vereinigung zahlreicher Personen ganz besonders fruchtbar und anregend. Denn befanden sich unter den dort Beschäftigten auch manche Anfänger und manche geringe Talente, so waren doch auch stets eine Anzahl von Männern vorhanden, die nach Veranlagung und Vorbildung zu dem wissenschaftlichen Leben des Instituts das Ihrige beitrugen. Gehen wir die Liste aller derjenigen durch, die im Gang der Jahrzehnte unter *Ludwig* gearbeitet haben, so finden wir eine stattliche Anzahl von Männern, die sich später selbst, sei es in der Physiologie, sei es in anderen medizinischen Gebieten, einen angesehenen, zum Teil glänzenden und weitbekannten Namen gemacht haben. Es sei aus älterer Zeit an *Al. Schmidt* und *Schmiedeberg*, *Gaskell* und *Bowditch*, *Mosso*, *Löwen*, *Kronecker* und *Luciani* erinnert. — Keiner, dem es vergönnt war, daran teilzunehmen, wird ohne dankbare Rührung jenes schönen Zusammenlebens und Zusammenarbeitens gedenken, das dauernd das Ludwigsche Institut erfüllte. An dem, was der eine arbeitete, fand oder suchend erstrebte, konnte jeder, der Interesse dafür hatte, Anteil nehmen. Und trotz angestrengter Arbeit fehlte es nicht an Zeit und Gelegenheit für angeregten Gedankenaustausch und weitausschauende Erörterungen. Wer könnte die schönen Stunden sonntäglicher Vormittage vergessen, in denen *Ludwig* sich in seinem Zimmer im Institut aufzuhalten pflegte, wo jeder, der es mochte, sich einfand, wo in belebter Unterhaltung besprochen wurde, was irgend Geister und Gemüter bewegte, und wo *Ludwig* selbst sich gern nicht nur über Physiologie und andre Naturwissenschaften, sondern oft genug auch über Politik und Geschichte, über Literatur und Kunst, über Menschen und Völker aussprach. — All dies muß man im Auge behalten, um zu verstehen, wie die pietätvolle Verehrung für den Meister die Ludwig-Schüler der verschiedenen Jahrzehnte zu einer durch ein starkes Gefühl der Zusammengehörigkeit verbundenen Gemeinschaft vereinigte. Diesen Reichtum geistigen Lebens, von dem das Ludwigsche Institut erfüllt war, muß man sich aber auch vergegenwärtigen, um zu ermessen, welche Fülle von Belehrung und Anregung sich von dort ausbreitete, von der Physio-

logie ausstrahlend auf alle Gebiete theoretischer und praktischer Medizin, aber auch von Deutschland ausstrahlend auf alle Kulturländer. — Nicht ohne Wehmut können wir heute jener Zeiten gedenken. Denn wenn damals Angehörige der verschiedensten Länder in Leipzig zusammenströmten, so hatte dies ja zunächst seinen Grund darin, daß kein andres Land eine physiologische Anstalt von ähnlicher Bedeutung aufzuweisen hatte. Ermöglicht und bedingt war es aber zugleich auch durch Umstände der allgemeinen Weltlage. An politischen Gegensätzen und Konflikten hat es ja auch in jenen Jahrzehnten nicht gefehlt. Doch aber konnten in dem Streben nach den gleichen wissenschaftlichen Zielen Russe und Engländer, Deutscher und Belgier, Österreicher und Italiener friedlich nebeneinander arbeiten. Damals also näherten sich, wenn auch in beschränktem Gebiet, die internationalen Beziehungen dem Ideal einer abgeklärten Humanität. Gegenwärtig sind sie durch Haß und Verbitterung, Unverstand und Verleumdung in einer Weise vergiftet, von der man sich damals kaum eine Vorstellung hätte machen können. In unbestimmter Hoffnung fragen wir uns, wann dieser Zustand einem beruhigteren Empfinden und einer gerechteren Beurteilung wieder Platz machen wird. Und besonders dürfen wir fragen, wann unsere Gegner dahin gelangen werden, sich in richtiger Würdigung wieder alles dessen zu erinnern, was die Weltkultur deutschem Genius und deutscher Arbeit verdankt. Möchte die Geistes Saat, die seinerzeit *Ludwig* verschwenderisch und um Dank unbekümmert, in alle Welt austreute, dazu beitragen, solche beglücktere Zeiten heraufzuführen.

Die meteorologischen Bedingungen für den Segelflug.

Von Kurt Wegener, Flugplatz Staaken.

Zwei allgemeinverständliche Darstellungen über den Segelflug finden sich bereits in dieser Zeitschrift in den Nummern vom 10. Februar 1922 (Über den motorlosen Flug von *Th. v. Kármán*) und 6. Oktober 1922 (Über den Segelflug von *C. Runge* [Göttingen]).

Die allgemeinen Unterlagen des Segelfluges haben in der 1911 erschienenen Arbeit von *Lanchester* (Aerodynamik, deutsch von *C. Runge*) weitgehende Berücksichtigung gefunden. Weitere gute Bücher über den Segelflug der Vögel sind: *Mouillard*, „L'empire de l'air“ und *Hankin*, „Animal flight“. Nachdem die Lilienthalschen Versuche und Gedanken erneut in Deutschland aufgenommen waren, sind auch in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt eine Reihe von Aufsätzen über den Segelflug der Vögel und erst neuerdings ein Sammelheft über den Segelflug allgemein erschienen.

Ein Gleitflugzeug muß, wie jeder andere Körper, unter der Wirkung der Erdschwere oder

Erddanziehung (unter Seitwärtsbewegung) sinken. Es ist also notwendig, Kräfte zu finden, die dieser Sinkbewegung entgegenwirken. Gutgebaute Gleitflugzeuge von 8—12 kg/m² Flächenbelastung und 8—15 m/sec Eigengeschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft haben eine Sinkbewegung von 1—2 m/sec. Bei kleinen Flugzeugmodellen kann man die Eigengeschwindigkeit auf 1—2 m/sec vermindern und die Sinkgeschwindigkeit auf $< \frac{1}{2}$ m/sec.

1. *Statischer Flug.* Beobachten wir vom Ufer eines fließenden Flusses ein gegen den Strom anruderndes Boot, so wird dieses rückwärts fahren, obgleich sein Ruderer mit voller Kraft vorwärts rudert, wenn die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses größer ist als die Geschwindigkeit, mit der das Boot in ruhendem Wasser gerudert wird. Denken wir uns einen freifallenden Körper von der Schwere abwärts getrieben, wie das Boot vom Ruderer vorwärts getrieben wurde. In gleicher Weise, wie die Strömung des Flusses dem Ruderboot entgegenwirkt, bewege sich das Medium, das den fallenden Körper umgibt (Luft), diesem entgegen. Dann wird der Körper, wenn die Aufwärtsbewegung des umgebenden Mediums schneller ist als die Fallbewegung des Körpers, von unserm festen Standpunkt aus gesehen, oder relativ zu uns steigen. Das Medium, also die Luft, steige relativ zu unserm Standort mit v_l m/sec, der Körper falle in der Luft mit $-v_g$ m/sec, so wird der Körper relativ zu unserm Standort mit v_r steigen, und es gilt dann:

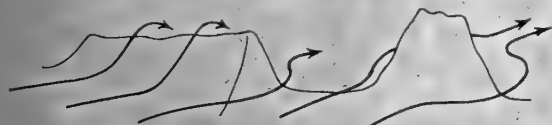
$$v_r = v_l + v_g$$

Wir können dies praktisch beobachten an Papierschnitzeln, die in einen aufwärts fahrenden Fahrstuhl fallen, aber für uns, die wir von außen zusehen, scheinbar steigen; ebenso an losen Blättern, die scheinbar in die Höhe steigen, weil die Luft, in der sie fallen, zugleich von uns aus gesehen, rascher aufsteigt, als sie fallen. Desgleichen an aufgewirbeltem Staub usw.

Diese Kompensation der Sinkbewegung durch relative Aufwärtsbewegung des umgebenden Mediums hat man beim Flug einer Gleitfläche (Vogel, Segelflugzeug) als statischen Flug bezeichnet.

In zwei Formen ist die Aufwärtsbewegung der Luft für den statischen Flug verwendbar:

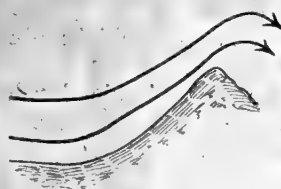
a) *als Hangwind.* Die Luft, die parallel der Erdoberfläche fließt und gegen eine Bergkette stößt, wird durch ihr Beharrungsvermögen ge-



Luft übersteigt Bergkette. Luft umfließt einzelne Bergkuppe.

zwungen, aufzusteigen, um die Bergkette zu übersteigen. Einzelstehende Berge werden von

der Luft umflossen. Hier findet kein Aufsteigen statt.



a Starker Bodenwind.



b Stille Luftschicht im Tal.

Ebenso fehlt das Aufsteigen, wenn das Tal mit einer stillen Luftschicht erfüllt ist. Dies erkennt man an dem Rauch der Schornsteine im Tal. Gelegentlich steht man auch auf den Bergen oberhalb einer Dunst- oder Wolkenschicht, die die obere Begrenzung einer stillen Luftschicht bildet. Der oft kräftige Wind oberhalb dieser stillen Schicht hat nur noch den obersten kleinen Teil der Bergkette vor sich und liefert keine ausreichende Vertikalkomponente zur Kompensation der Sinkgeschwindigkeit.

Ein Hindernis von ein und derselben Höhe bewirkt ferner an der Küste einen viel kräftigeren Hangwind als im Binnenlande, weil die Reibung der Luft an der Wasseroberfläche geringer ist als an der Landoberfläche und die Verzögerung der untersten Luftschichten durch die Reibung auf See daher praktisch fortfällt.

Der Flug im Hangwind kann in gleichbleibender Höhe nur längs eines Hindernisses erfolgen (Bergkette, Meeresküste, Deich), und Lücken müssen im Gleitflug unter Höhenverlust überflogen werden. Der Höhenverlust kann am nächsten Hindernis wieder eingebracht werden. Am günstigsten für eine Überlandreise im Hangwind ist der Kurs quer zum Wind. Größere Strecken gegen den Wind oder mit dem Wind wird man nur durch ganz überlegtes Fliegen und genaue Ausnutzung aller Hangwindstellen zuwege bringen. Je stärker der Bodenwind ist, um so größer ist ferner die Vertikalkomponente des Hangwindes; der Flug im Hangwind erfordert kräftigen Bodenwind.

b) *als thermischer Aufwind.* Denken wir uns die Luft durcheinandergelührt, so daß jedes Luftteilchen an jeder Stelle, an welche wir es auch bringen, die gleiche Eigenschaft (Temperatur) vorfindet, die es selbst besitzt, so bezeichnen wir eine solche Schichtung als indifferent, das Temperaturgefälle als adiabatisch; letzteres, weil jedes Luftteilchen, welche Höhenänderung wir auch mit ihm ohne Zufuhr oder Entziehung von Wärme (adiabatisch) vornehmen, innerhalb der Schicht überall die Temperatur vorfindet, die es selbst infolge der Höhenänderung besitzt. Das adiabatische Temperaturgefälle infolge der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe beträgt fast genau 1°/100 m für trockene Luft, für Wolkenluft infolge der Kondensationswärme 0,5—1,0°/100 m. Bei hoher Dampfspannung, also in den unteren

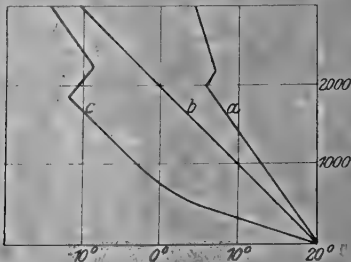
Schichten der Atmosphäre und bei hoher Lufttemperatur, $0,5^\circ$, in großen Höhen abnehmend bis zur „Trockenadiabate“.

Setzen wir in einer solchen Luftschicht ein Luftteilchen nach oben oder unten in Bewegung, so setzt sich seine Bewegung fort, bis sie durch Reibung gebremst wird, wie bei einem Flüssigkeitsteilchen in einer Flüssigkeit. Während aber in einer Flüssigkeit dieses indifferente Gleichgewicht das Normale ist, und die Grundlage der hydrodynamischen (auch der aerodynamischen) Gleichungen bildet, ist es in der Atmosphäre nur der seltene Grenzfall zwischen dem stabilen und labilen Gleichgewicht.

Bei stabilem Gleichgewicht ist das Temperaturgefälle langsamer als das der Adiabate; jedes Luftteilchen, das wir adiabatisch in die Höhe führen, wird um $1^\circ/100$ m abgekühlt, findet also überall wärmere und daher leichtere Luft vor und schnell in seine frühere Lage zurück. Senken wir es adiabatisch, so schnell es, weil es infolge adiabatischer Kompression überall wärmer ist als die Umgebung, in die es gelangt, wieder empor. Eine solche Schichtung unterdrückt also alle Vertikalbewegungen.

Nur wenn eine solche Schicht im ganzen (Hangwind) gehoben wird, bietet sie Aussichten für den statischen Flug.

Bei labilem Gleichgewicht ist das Temperaturgefälle der Luftschicht schneller als das der Adiabate; ein Luftteilchen, das wir nach aufwärts in Bewegung setzen, erhält fortgesetzt (Beschleunigung) Auftrieb, in umgekehrter Richtung Gewicht.



Beispiel von Gleichgewichtszuständen der Luft.

- a) stabile Schichtung; bei 2000 m beginnt neue Schicht.
- b) indifferentes Gleichgewicht (Trocken-Adiabate).
- c) labiles (überadiabatisches) Gleichgewicht; bei 1900 m neue stabile Schicht.

Es vollzieht sich also zwischen den unteren und oberen Teilen der Schicht ein Luftaustausch. Die auslösenden Kräfte für diesen Luftaustausch liefert die Reibung. In welcher Weise sich die Bewegung der Luft nach aufwärts und abwärts vollzieht, ist fast ganz unbekannt. Wir wissen nur, daß in der Nähe der Erdoberfläche die vertikalen Luftbewegungen in horizontale umgewandelt werden, und daß von 200 m Höhe ab bereits gelegentlich Luftvolumina von der Größenordnung $10\,000\text{ m}^3$ in gemeinsamer Bewegung auf oder nieder begriffen sind.

Vielleicht vollzieht sich das Aufsteigen der Luft in großen Dimensionen ähnlich, wie das Aufsteigen des Zigarrenrauches; erst schornsteinartig, unter Bildung immer weiter werdender Ausbauchungen, bis zur Entwicklung von Wirbelringen.

Die aufsteigenden Luftschläuche sind in der Atmosphäre meist gekrönt von Haufenwolken, und unter diesen kann man Aufwind von 2–4 m/s erwarten. Unter blauschwarzen (Gewitter-) Wolken gelegentlich mehr als 10 m/s.

In diesem thermischen Aufwind segeln zu lernen, also die Aufwindstellen aufzusuchen und die Stellen absinkender Luft zu vermeiden oder im Gleitflug rasch zu passieren, wird die nächste Aufgabe des Segelflugzeugs sein.

Der thermische Aufwind ist an die Tageszeit gebunden, wo die Erde von den Sonnenstrahlen stark erwärmt wird, also von etwa 10 Uhr vormittags bis 4 Uhr nachmittags, und an geringe Luftbewegung an der Erde. Starke Luftbewegung rührt die Luft durch die Reibungsvorgänge an der Erde stark durcheinander und stellt adiabatisches Temperaturgefälle her. Trockene Stellen (Sand) erhitzen sich stärker als feuchte (Wiesen, Wälder). Die Stellen aufsteigender Luftbewegung bei labiler Luftschichtung neigen also dazu, stationär zu werden.

2. Dynamischer Flug.

Das Wesen des dynamischen Fluges besteht darin, entbehrlichen Überfluß an kinetischer Energie in Höhe oder potentielle Energie umzusetzen und hierdurch die Sinkgeschwindigkeit zu kompensieren.

Bezeichnen wir mit m die Masse eines Körpers, mit v die Geschwindigkeit, mit h die Höhenänderung und mit g die Schwerebeschleunigung, so gilt:

$$\frac{m v^2}{2} = m g h$$

oder

$$v^2 = 2 g h$$

Setzen wir g genähert 10, so erhalten wir die einfache Beziehung:

$$v^2 = 20 h$$

Eine Kugel also, die wir mit v über einen Tisch rollen, wird an einer schrägen, ihr vorgehaltenen Platte um $h = \frac{v^2}{20}$ hochsteigen, und sie

wird, wenn wir sie aus der Höhe h auf einer schrägen, auf den Tisch gehaltenen Platte herabrollen lassen, auf dem Tisch die Geschwindigkeit $v = \sqrt{20 h}$ haben. Alles dies unter Vernachlässigung der Reibung und des Luftwiderstandes. Ebenso können wir bei einem Gleitflugzeug, das in entgegenströmender Luft von der relativen Geschwindigkeit v (relativ zu der Luft, in der das Flugzeug bisher glitt) beim Gleitflug gelangt, den Überschuß $\frac{m v^2}{2}$ seiner kinetischen Energie

in dieser Luft in $h = \frac{v^2}{20}$ umsetzen. Aus der Proportionalität von h mit v^2 ergibt sich, daß eine dann folgende gleich starke Abnahme der relativen Geschwindigkeit der Luft zwar wieder eine Einbuße an Höhe zur Folge hat (damit man die zum Gleiten notwendige Geschwindigkeit wieder erhält), aber diese Einbuße ist geringer als der Gewinn vorher.

Ungleichmäßige Luftstöße, die die einzelnen Teile des Flugzeuges verschieden treffen, können nicht nutzbar gemacht werden. Sie erfordern Ruderausschläge zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts, bewirken also Bremsung. Daß die Windschwankung nicht nur das ganze Flugzeug erfassen, sondern auch ziemlich groß sein muß, zeigt folgende Tabelle, die aus der obigen Formel berechnet ist:

Windschwankung	± 2	4	6	8	10	m/sec
result. Gewinn	$+ 0$	2	4	7	10	m Höhe.

Die an der Erde beobachteten Unregelmäßigkeiten des Windes werden also kaum für den dynamischen Flug verwendbar sein. Für den dynamischen Flug hat man bisher folgende Fälle konstruiert:

1. Boot mit horizontalen elastischen Flossen. Die Flossen werden durch den aufsteigenden Teil der Welle nach oben etwas gehoben, durch den absteigenden Teil gesenkt, und geben in dieser schrägen Stellung Vortrieb. Solange der Versuch im Schiffbau nicht zu brauchbaren Ergebnissen geführt hat, kann man für das Segelflugzeug keinen Vorteil von ihm erwarten.

2. Knoller-Betz-Effekt. Wird die Tragfläche eines Flugzeugs einem Wind ausgesetzt, dessen vertikale Komponente wechselt, der also unter wechselndem Anstellwinkel gegen die Fläche weht, so glauben Knoller theoretisch und Betz experimentell gefunden zu haben, daß der Auftrieb der Fläche größer ist als im normalen Gleitflug. Dies entspricht der Feststellung, daß der Höhengewinn im aufsteigenden Wind größer ist als der Höhenverlust im absteigenden. Ob der so erhaltene Auftrieb genügt, um die Sinkgeschwindigkeit des Gleitflugzeuges zu kompensieren, ist unbekannt. Es ist zweifelhaft, ob die vertikalen Schwankungen im Böenwind stark genug auftreten. Beim Flug im thermischen Aufwind mag indessen der Effekt mitwirken.

3. Die Unzulänglichkeit der horizontalen Windschwankungen im Böenwind an der Erde geht aus der mitgeteilten Tabelle hervor. Schwankungen um mehr als ± 4 m/s sind selten.

4. Bei hohem Seegang tritt über den Wellbergen eine Verengung des Strömungsquerschnittes der Luft ein, im Wellental eine Verbreiterung. Die Windgeschwindigkeit im Wellenberg ist also erhöht, im Wellental verringert.

Ferner wird die Luft beim Herannahen der Welle gehoben, beim Abfließen gesenkt.

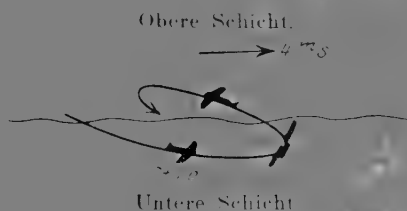
Die Aussichten, bei hohem Seegang auf See den dynamischen Flug nach Art des Albatros auszuführen, sind also verhältnismäßig gut.

5. Ebenso ist der dynamische Flug ausführbar bei örtlichen Geschwindigkeitsunterschieden (Rayleigh). Hinter einem Hindernis herrscht verhältnismäßig Stille, daneben voller Wind.



Beim Hineinlaufen in den äußeren Wind hat das Flugzeug gegen diesen gedreht. In die Flaute läuft das Flugzeug mit seiner Eigengeschwindigkeit + Windgeschwindigkeit. In beiden Hälften des Kreises ist es also in der Lage, einen beträchtlichen „Schwung“ oder Überschub an kinetischer Energie in Höhe umzusetzen.

Endlich besteht die Möglichkeit, die starke vertikale Schichtung der Atmosphäre zum dynamischen Flug auszunutzen (Rayleigh, Runge).



Das Flugzeug taucht gegen den Wind in die obere Schicht hinauf, wendet sich und taucht in entgegengesetzter Richtung ab, also wieder gegen den Wind, in die untere Schicht hinunter. Ebenso scheint es denkbar, daß die Windzunahme mit der Höhe in den untersten Schichten der Atmosphäre für den dynamischen Flug benutzt wird, vor allem in Verbindung mit thermischem Aufwind oder Hangwind.

Die Kompensation der Sinkbewegung wird allgemein auf dem Zusammenwirken mehrerer Vorgänge beruhen können.

Was liegt unter dem Granit?

Von Hans Cloos, Breslau.

Was liegt unter dem Granit? Ist diese Frage überhaupt heute noch notwendig und berechtigt? Wissen wir denn nicht, daß der Granit da, wo er

in unseren Gebirgen auftritt, selbst die Unterlage aller übrigen Gesteine bildet und seinerseits in die „ewige Tiefe“ breit und „fußlos“ hinabsetzt? Tatsächlich hat man bisher fast allgemein diese Annahme gemacht und in diesem Sinne gerade die großen Granitmassive als Liegendkörper oder *Batholithen* von den vereinzelt, in die Kruste eingeschalteten Lakkolithen unterschieden. Der Grund dazu lag nicht so sehr in der großen Häufigkeit granitischer Unterlagen, die man auch aus einer Summierung begrenzter Einzelkörper hätte erklären können, wie vielmehr in der Beschaffenheit der Granit-Sedimentgrenze selbst: Die meisten Granite nämlich *durchschneiden* mit ihrem Rande das Gefüge der Kruste in einer Weise, daß deren Fortsetzung weder über dem Granit noch in ihm zu finden ist. Man sah sich demgegenüber zu der Annahme genötigt, daß die Kruste entweder an Ort und Stelle von dem Granit aufgeschmolzen und assimiliert (französische Schule) oder aber in zahllosen



Fig. 1. Querschnitt durch den Batholithen von Marysville in Montana (nach Barrell). Der Granit (schwarz) durchschneidet die Schichten der Erdkruste und wölbt sie auf. Breite des Bildes etwa 7 km.

Bruchstücken „wie ein ständiger Regen“ in ihm versunken sei (amerikanische Forscher, besonders *Daly*). Dabei blieb jedoch unerklärt, warum die chemische Zusammensetzung der Granite von derjenigen der Kruste eigentlich niemals merklich beeinflusst wird und warum man von den zahllosen Bruchstücken des Daches im Innern des Granitmassivs höchst selten eines zu sehen bekommt. Auch eine ganze Reihe weiterer Bedenken und Wünsche der Gesteinslehre wie der Geologie ließ diese Vorstellung von der Bildungsweise der Batholithen unbefriedigt.

Demgegenüber war ich schon seit Jahren bemüht, der Raumbildung der Tiefengesteine andere Hilfe zuzuführen. Solche fand sich zunächst in den Kräften der nichtvulkanischen Gebirgsbildung, welche ihrerseits ständig Räume bildet und Räume füllt. Dabei ergaben sich gleichzeitig immer mehr Anhaltspunkte gegen die „Fußlosigkeit“ vieler Granitmassive und für die Vorstellung, daß auch die sogenannten Batholithen die Kruste nicht immer vernichtet und ersetzt, sondern oft nur beiseite und nach oben und unten verdrängt haben. Ein wichtiges Hilfsmittel in dieser Richtung gab die mikrotektonische Methode an die Hand, durch welche zum ersten Male das Arbeitsfeld der Geologie auf diese riesigen, bislang nur chemisch und mikroskopisch

erforschbaren Areale der Erdkruste ausgedehnt wurde¹⁾.

Durch eine im Sommer und Herbst 1922 vom Geologischen Institut Breslau ausgeführte Forschungsarbeit im Bayrischen Walde ist es nun endlich gelungen, feste direkte Beobachtungen zu diesem Fragegebiet beizubringen. Es stellte sich heraus, daß im Bayrischen Walde, der seit jeher als klassisches Batholithengebiet galt, *tatsächlich große Granitmassive mit sämtlichen typischen Eigenschaften der Batholithen vorliegen, daß diese aber nicht breit in die Tiefe fortsetzen, sondern auf fremder Unterlage ruhen.*

Das *Hauzenberger Granitmassiv*, das als Beispiel dienen möge²⁾, besitzt äußerlich sämtliche Merkmale des typischen Batholithen: einen schönen ovalen Grundriß, schüldförmige, ebene Aufwölbung in allen Vertikalschnitten, diskordante, das Gefüge des Nebengesteins abschneidende Kontakte und eine gleichmäßige, rein granitische Füllung. Auch Nebengesteinsbruchstücke (Schollen) kommen an den Grenzen vor, fehlen aber wie gewöhnlich im Innern. Die Grenzfläche selbst fällt nach außen ein unter mittleren bis flachen Winkeln, und der Granit wird hier von Gneiß und anderen kristallinen Schiefen überlagert in der Weise, daß diese in steiler Stellung auf der flachen Granitoberfläche stehen wie Bücher auf einem Bücherbrett. Alles dies entspricht vollkommen dem Bilde des Batholithen. Aber hiervon gibt es eine Ausnahme und das ist die Süd- und Südwestseite des Massivs. Hier ist es nach langem und aufmerksamem Suchen gelungen, festzustellen, daß der Granit nicht unter den Gneiß, sondern der Gneiß unter den Granit fortsetzt. Einige Steinbrüche entblößen die Grenze unmittelbar, und außerdem schneidet ein tiefes und langes Tal, das Tiesental, das aus dem Massivinnern radial nach außen fließt, durch den Granit hindurch tief und weit in seine Gneißunterlage hinein. Hier kommt der Gneiß, der links und rechts unter dem Granit verschwand, in gleicher Beschaffenheit und unveränderter Lagerung, völlig ungestört durch den auflagernden Granit, wieder zum Vorschein. Die Grenzfläche selbst, die kilometerweit abgeschlossen ist, ist beinahe eben, steigt nur gelegentlich in flachen Wellen auf und ab und liegt über viele Quadratkilometer fast wagerecht.

Die weitere Fortsetzung dieser Unterflache nach Norden, die sich nicht mehr direkt verfolgen ließ, ergab sich aus der Mikrotektonik sowie aus der Analogie zu den zahlreichen kleineren Massiven der Nachbarschaft, die eben wegen ihrer Kleinheit ringsherum vollständig abgeschlossen sind und die durch alle Übergänge mit den größeren Exemplaren in Verbindung stehen.

Alles zusammengekommen, haben wir es mit

¹⁾ Sammelreferat darüber von S. v. Bubnoff in der Geol. Rundschau XIII, 151.

²⁾ Es ist eines von vielen, in welche das sogenannte Passauer Waldmassiv aufgelöst werden mußte.

großen plankonvexen Zungen zu tun, die im Norden wurzeln und ihre Spitze gegen Süden in Richtung auf die Donau vorstrecken³⁾.

Ich füge einen schematischen Querschnitt durch das Hauzenberger Massiv bei (Fig. 2). Es ist ein höchst überraschendes Bild, das lebhaft an alpinen Deckenbau erinnert, nur daß diese „Tiefendecken“ nicht über das Vorland, sondern durch das Vorland gewälzt oder gepreßt worden sind. (In der Plastizität dürfte zwischen dem erstarrenden Granit und den Sedimenten des Faltengebirges kaum mehr als ein Gradunterschied bestehen, dagegen ist der Mechanismus natürlich ein völlig anderer.)

Die Zone, aus der die Granite stammen, ist das Gebiet des bisher so rätselhaften Pfahles. Diese 150 km lange magische Linie im Bau des Gebirges stellt sich somit als eine großartige Wurzelzone

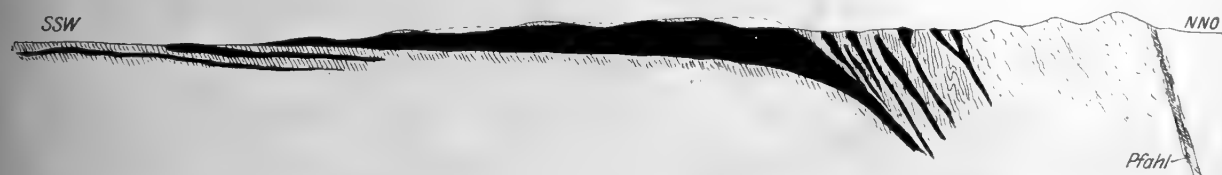


Fig. 2. Querschnitt durch einen Scheinbatholithen des Bayerischen Waldes. Granit (schwarz) stößt aus der Zone des Pfahles in mehreren flachen Platten und Zungen durch steilstehende Gneise nach SSW vor. Die tieferen Teile sind ergänzt. Das Gneißgebirge (steil gestrichelt) besteht in der Pfahlzone vorwiegend aus Eruptivgneiß, gegen SSW nehmen die Misch- und Sedimentgneise zu. (Nach Untersuchungen von R. Balk, H. und E. Cloos, H. Scholtz und H. Stenzel von August bis Oktober 1922.)

heraus, als eine Wunde der Erde, aus der die plastischen Schmelzen herausgepreßt wurden, wie Ölfarbe aus einer breiten Tube, und die sich dann unter dem Gebirgsdruck zur „Narbe“ geschlossen hat. Die Herauspressung der Schmelzen selbst ging dabei, wie die Mikrotektonik lehrt, unter normalem gebirgsbildendem Drucke vor sich.

Ich fasse kurz zusammen: Die äußere Übereinstimmung der großen Massive des Bayerischen Waldes mit dem Typus des Batholithen ist tatsächlich eine vollkommene. Einzig die Unterlage unterscheidet und auch sie nur, wo sie sichtbar wird (was aber aus jedem Geologen verständlichen Gründen nur äußerst selten der Fall sein wird).

Es hat sich also ein geologischer Vorgang gefunden, der sozusagen Batholithen täuschend

nachahmt, ohne doch dazu mechanisch unmögliche, mit anderen Erfahrungen in Widerspruch stehende Mittel in Bewegung zu setzen. Der Fortschritt liegt in einer veränderten Auffassung der Oberseite und des Massivraumes. Erscheint nämlich die Oberseite in der alten Auffassung als eine zufällige Summe einzelner Vorstöße und Abbrüche, so ist sie im Sinne der neuen Auffassung auch genetisch eine Einheit. Sie wurde von ihrer flachen Unterlage durch den Granit losgelöst, als Ganzes abgehoben und aufgewölbt. Sie gleicht also durchaus der Oberfläche der schon lange bekannten „Lakkolithen“, nur mit dem Unterschiede, daß bei diesen der Granit in eine Schichtfuge, sie erweiternd, eingedrungen ist, während bei uns eine die Schichtung schneidende Kluftfuge dem Granit Zutritt verschafft. (So läßt denn auch die Mikrotektonik die Oberseite der Batholithen sowohl wie der Lakkolithen als Ein-

heit erscheinen.) Und erscheint der Massivraum in der alten Auffassung als ein Loch in der Kruste, so bleibt nun die Kruste größtenteils intakt, indem sie vor dem Granit nach oben (sowie nach den Seiten und nach unten) ausweicht.

Inwieweit können wir nun diese Erfahrungen auch für andere Gebiete nutzbar machen? Zunächst natürlich nur im Sinne einer Möglichkeit. Die neuen Beobachtungen haben gezeigt, daß „Batholithen“ auf solche „natürliche“ Weise entstehen können; wie weit sie wirklich so entstanden sind, wird erst die Untersuchung von Fall zu Fall lehren können. Für mich fällt der Verdacht naturgemäß in erster und stärkster Linie auf diejenigen mir gutbekannten Massive, an deren „Fußlosigkeit“ ich schon vorher, wenn auch aus minder zwingenden Gründen, gezweifelt hatte. Man könnte an den Brockengranit denken, unter welchem schon Erdmannsdörffer ein Stück Unterlage erkannt und beschrieben hat, und dessen Wurzel ich mit guten, hier nicht auszuführenden Gründen in der schon sehr alten Harzrandspalte (in weiterem Sinne) sehen möchte; durch spätere Bewegungen ist seine Wurzel gehoben, seine Spitze, die ebenso wie im Bayerischen Wald im Südwesten zu liegen scheint, gesenkt worden, das Auftreten im Gelände ist demgemäß ein anderes. Man könnte denken an den Granit des

³⁾ Neben Graniten verschiedenster Korngröße beteiligen sich an ihrem Aufbau basische Vorläufer. Die Eruptionfolge beginnt mit dioritischen Gesteinen; diesen folgen syenitische und syenitgranitische Gesteinsarten. Beide werden wieder von mehreren Graniten durchsetzt, von denen ein porphyrischer sogenannter Kristallgranit der jüngste ist. Die Gesteine werden also im allgemeinen immer saurer. Dabei wirken die jüngeren Gesteine, die im allgemeinen grobkörniger sind, auf die älteren, wo sie sie berühren und durchsetzen, verändernd ein. Den Abschluß bildet eine basische Ganggefölschaft.

Hirschberger Kessels in Schlesien, der aller Berechnung nach nur ein flacher und dünner Keil ist, den der Granit des Riesengebirges gegen NNO vorgestoßen hat. Man braucht aber auch nicht davor zurückzusehen, die riesige Granitafel des Lausitzer Massivs, bisher das deutsche Musterbeispiel eines weit gegen die Granittiefe geöffneten Fensters, als eine im Verhältnis dünne Platte anzusehen, die vermutlich an der Elbe aufgepreßt und von da nordwärts vorgetrieben wurde; die Verteilung der Vor- wie der Nachläufer des Lausitzer Granites deutet auf diese Wurzel, nicht weniger die Mikrotektonik des Gesteins, nicht weniger der flachwellige, fast niveaubeständige Verlauf seiner Oberfläche gegen das ältere Dach. Aber auch in dem gesteins- und gestaltenreichen Erongogebirge im Hereroland findet nun nachträglich eine früher nicht beweisbare Annahme festen Halt, daß dieses Massiv, das heute auf einer schmalen Störung des Gebirgsbaus sitzt, längs dieser schon aus der Tiefe aufgestiegen ist und sich von ihr aus erst nahe der Erdoberfläche seitlich ausgebreitet hat. So spricht vieles dafür, daß große Massive des deutschen Gebirges nicht in seinem Kern und Untergrund emporgestiegen sind, sondern auf den Fugen, die es durchkreuzen und seine einzelnen großen Blöcke voneinander trennen. Von diesen alten, seit lange bekannten Spalten- oder Störungszonen drängen sie vielleicht erst in geringer entlasteter Tiefe in die angrenzenden Krustenblöcke selber ein⁴⁾.

Durch die Arbeiten der letzten Jahre hatte sich zeigen lassen, daß die geologische Wissenschaft an den Graniten nicht mehr Halt zu machen braucht. Sie kann mit dem Kompaß die Tektonik in Gebiete tragen, die bisher nur der Chemie und dem Mikroskop zugänglich waren. Die soeben geschilderten Beobachtungen machen uns aber darüber hinaus Hoffnung, daß auch die geologische und bergbauliche Praxis an den Graniten nicht immer Halt zu machen braucht. Denn wo die Kruste von den Graniten nicht vernichtet und ersetzt wird, sondern unter ihnen weiter geht, da werden auch die Lagerstätten der Kruste unter dem Granit weitergehen können. Nicht in allen Fällen können wir sie schon heute

dort suchen oder erreichen. Und lange nicht alle Arten von Lagerstätten kommen dafür in Frage. Aber eine hoffnungsvolle Möglichkeit tut sich doch auf. Und ein Beispiel gibt uns der bayerische Graphitbergbau, der schon heute an einer Stelle bei Passau seine Schätze unter dem Granit hervorholt.

Bevor freilich diese Ergebnisse der Praxis unmittelbar zugute kommen können, ist noch ein gutes Stück theoretische Forschungsarbeit am Granit selber zu leisten.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Die Vierhundertjahrfeier der ersten Erdumsegelung durch *Fernão de Magalhães* beging die Gesellschaft am 14. Oktober 1922 durch eine Festsitzung, in der Professor *Georg Wegener* (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern **Vor 400 Jahren um die Erde und heut** hielt. Der Vortragende sieht mit *Oskar Peschel* in *Magalhães* den bedeutendsten Seemann aller Zeiten und Völker. Seine Großtat hatte unabsehbare Folgen für die Entwicklung der geographischen Wissenschaft. Vor allem führte sie zu der Wiederaufnahme des Ergebnisses der antiken Wissenschaft, daß die Erde eine Kugel sei, eine Erkenntnis, die im Laufe der Jahrhunderte wieder verlorengegangen war. Sie hatte ferner, neben zahlreichen anderen Entdeckungen, die Erschließung des größten Ozeans der Erde zur Folge und erschütterte damit die landläufige Ansicht von dem räumlichen Überwiegen des Festlandes über das Meer.

Die erste Erdumsegelung fällt in jenes klassische Zeitalter der großen Entdeckungen, in welchem namentlich die Spanier und Portugiesen unsere Kenntnis von dem Weltbilde wesentlich erweiterten. Ebenso wie Spanien die Entdeckungsfahrt des Italieners *Kolumbus* als einen Erfolg der eigenen Nation buchen konnte, muß auch die kühne Fahrt des Portugiesen *Magalhães* dem Konto des größeren Nachbarstaates zugeschrieben werden. Die Reise war geplant nicht als Weltumsegelung, sondern lediglich als ein Konkurrenzunternehmen gegen Portugal, das über Afrika und Indien seinen Machtbereich immer weiter ostwärts ausdehnte und ihn bereits bis in die Nähe der Molukken vorschob. Diese, zwischen Celebes und Neu-Guinea gelegene Inselgruppe hatte eine große wirtschaftliche Bedeutung als Heimat kostbarer Gewürze, insbesondere der Muskatnuß und der Gewürznelke, für die damals in Europa enorme Preise bezahlt wurden. Nach dem Vertrag von Tordesillas, 1494, der eine Demarkationslinie zwischen der spanischen und der portugiesischen Erdhälfte festsetzte, lagen die Molukken in der Nähe jener Linie, mit welcher die beiden politischen Macht-sphären auf der anderen Seite des Erdballs wieder aneinander grenzten. Es galt nun, den Portugiesen bei der Besetzung der Inseln zuvorzukommen und auf dem Wege nach Westen an die Quellen des Reichtums zu gelangen.

Am 20. September 1519 segelte *Magalhães* von San Lucár, dem Vorhafen der spanischen Stadt Sevilla an der Mündung des Guadalquivir, mit fünf Schiffen und 236 Mann Besatzung ab, überquerte den Atlantischen Ozean und fuhr an der Küste Brasiliens südwärts. Hier war 1515 bereits der Spanier *Solis* bis an die Bucht

⁴⁾ Um von meinen engeren Fachgenossen nicht mißverstanden zu werden, möchte ich hervorheben, daß diese Folgerung in dieser Form natürlich nur von den diskordanten eigentlichen Batholithen, als den Objekten der Raum- und Stofffrage gilt. Bei den älteren konkordanten Gneißgraniten liegen die Verhältnisse insofern anders, — einfacher und verwickelter — als hier die Granitschmelze noch eine nachgiebige Kruste vorfand und sich mit ihr bewegen konnte, nicht gegen und durch sie. Eigentümliche Folgerungen ergeben sich aus diesen Befunden auch für das Differentiationsproblem. Denn wir werden nun in vielen Fällen damit rechnen dürfen, daß durch die Granitabfuhr nach oben die Herde vollkommen entleert worden sind, so daß unter Umständen die Ganggefölschaft buchstäblich als ein Rest, als ein nachgepreßter „Bodensatz“ aufgefaßt werden muß.

das La Plata-Stromes gekommen, dort aber von den Indianern getötet und aufgefressen worden. Im gleichen Jahre hatte der Deutsche *Joh. Schöner* einen Globus veröffentlicht, der in etwa 40° südlicher Breite eine Durchfahrt nach Westen angibt. *Magalhães* stellte fest, daß die Einfahrt zu der Meeresstraße erst jenseits des 52. Grades gelegen ist, und er durchsegelte sie in 18 Tagen. Die Schwierigkeit der ersten Durchfahrt durch das Gewirr von Inseln und Halbinseln mit zahlreichen Verzweigungen der Wasseroberfläche rechtfertigt es, daß man sie auch heute noch mit dem Namen ihres Entdeckers benennt. Die Bedeutung der *Magalhãesstraße*, an welcher später in 53° die südlichste Stadt der Erde, *Punta Arenas* gegründet wurde, liegt nicht nur in der Abkürzung des Schiffsahrtsweges, sondern auch in dem Umstand begründet, daß die Passage um das wegen der schweren Weststürme verrufene Kap Horn, welches die Südspitze Amerikas darstellt, vermieden werden kann.

Am 28. November wurde der Stille Ozean erreicht und zum erstenmal von europäischen Schiffen befahren. Wegen seines andauernd ruhigen Wasserspiegels gab man ihm den Namen „*Mare pacifico*“. Unter geschickter Ausnutzung der mit großer Beständigkeit wehenden östlichen Windströmung der Passate durchquerte man dieses unbekannte Meer in drei Monaten und zwanzig Tagen. Der Tagebuchschreiber der Expedition, *Pigafetta*, schildert die Qualen der Mannschaft, von der aus Mangel an Trinkwasser und frischer Nahrung viele an Skorbut erkrankten und 21 starben. Endlich erreichten die Schiffe am 6. März 1521 die Inselgruppe der Marianen und etwa zehn Tage später diejenige der Philippinen, denen nachher zu Ehren Philipps II. dieser Name beigelegt wurde. Auf der zu dieser Gruppe gehörigen Insel *Matan* fiel *Magalhães* am 17. April im Kampfe gegen die Eingeborenen. Seit jener Zeit hat es Spanien Jahrhunderte lang vermocht, sein Besitzrecht an den Philippinen zu behaupten, bis der Archipel nach dem unglücklichen Kriege gegen die Vereinigten Staaten von Amerika im Jahre 1898 an diese überging.

Nach dem Tode des Führers setzte das Geschwader die Fahrt nach den Molukken fort, wo die Schiffe mit Gewürzen beladen wurden. Nach vielen neuen Entdeckungen, Abenteuern und Kämpfen blieb schließlich nur ein Schiff, die „*Victoria*“, übrig, der es gelang, nach Europa zurückzukehren.

Eine merkwürdige Entdeckung machte man jedoch auf dem Wege dorthin. Als die „*Victoria*“ nach den Kapverdischen Inseln an der Westküste Afrikas kam und den Hafen von *San Jago* am 9. Juli 1522 anliefe, war der Wochentag nach dem sorgfältig geführten Schiffsjournal ein Mittwoch; am Lande aber schrieb man bereits Donnerstag. Es stellte sich dann heraus, daß ein Schiff, das die Erde von Osten nach Westen umfährt, einen Tag verliert und deshalb einen Kalendertag in der Zählung der Tage überspringen muß, wenn es mit der üblichen Datierung in Übereinstimmung bleiben will. Dies war von *Magalhães* beim Passieren der im Stillen Ozean gelegenen Datums-grenze verabsäumt worden, trotzdem bereits der arabische Geograph *Abul Feda* schon zwei Jahrhunderte vorher auf diese Notwendigkeit hingewiesen hatte. Die Schiffsbesatzung geriet bei dem Bekanntwerden der Unterlassung in große Verlegenheit, denn sie hatte, wenn auch unbewußt, sich einer großen Sünde schuldig gemacht, weil alle Feiertage, namentlich aber die vor-

geschriebenen Fasten, nicht an den richtigen Daten eingehalten worden waren.

Am 7. September 1522 endlich lief die „*Victoria*“ nach nahezu dreijähriger Abwesenheit wieder in den Hafen von *San Lucar* ein. Sie war von der langen Reise schwer mitgenommen und befand sich in baulichem Zustand. Um so mehr Wert jedoch besaß die Ladung dieses kleinsten Schiffes der Expedition. Der *Vorkauf* von über 600 Zentnern Gewürznelken mit kleineren Mengen anderer Gewürze lieferte einen Betrag, der nicht nur die Kosten der gesamten Expedition deckte, sondern noch einen erheblichen Überschuß ergab.

Im zweiten Teil befaßte sich der Vortragende mit Schilderungen von Weltreisen der Gegenwart auf die Fortschritte hinzuweisen, welche die Verkehrstechnik in den 400 Jahren gemacht hat. Schon von Anfang an mußten sich neue Ideen gegen den Unverstand angeblicher Autoritäten ihre Durchsetzung erkämpfen. So erklärte z. B. die Universität von Salamanca den Plan des *Kolumbus* für eine Torheit. Fünzig Jahre währte es, bis eine zweite Erdumsehung der ersten folgte. Heutzutage dagegen ist der Ozean in einer Weise mit Schiffen belebt, daß man z. B. die Bevölkerungsdichte des Atlantischen Ozeans zu zwei Menschen für jede 1000 Quadratkilometer berechnet hat, eine Volksdichte, die manche Teile der festen Erdoberfläche übertrifft. Auch die Größe der Schiffe bewegt sich heute in ganz anderen Maßen als früher. Die beiden Schiffe, mit denen *Bartolomea Dias* 1486 das Kap der Guten Hoffnung entdeckte, hatten einen Rauminhalt von etwa 50 Tonnen, diejenigen von *Magalhães* 90 bis 120 Tonnen, waren also bedeutend kleiner als viele heutige Flußschiffe. Die Schiffsahrtswegen haben durch die Anlage interozeanischer Kanäle manche Veränderungen erlitten. Als letztes großes Ereignis dieser Art zeigte der Vortragende im Lichtbild die Sprengung des Gamboadeiches am 10. Oktober 1913. Sie erfolgte durch einen elektrischen Kontakt, den Präsident *Wilson* in Washington durch Druck auf einen Knopf herstellte, und dieser Augenblick gilt als die offizielle Fertigstellung des Panamakanals, dessen beide fertige Teilstücke dadurch verbunden wurden.

Andere Lichtbilder, die der Vortragende aus seinen eigenen Weltreisen zur Vorführung brachte, zeigten Landschaften, Volkstypen und Bauwerke vom Panama-Isthmus, aus Samoa und Indien.

Am 4. November 1922 hielt *Herr Derstroff* (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über das Luftschrift im Dienste des Weltverkehrs und der Wissenschaft, aus dem folgende Einzelheiten, nicht allgemein bekannt sein dürften: Während Deutschland etwa 100 Flugzeugfabriken besitzt, gibt es nur drei Luftschriftwerften, nämlich Zeppelin, Schütte-Lanz und Parseval. Von den an den Feindbund ausgelieferten Luftschriften ist keines mehr in betriebsfähigem Zustand. Während der Ballon nur statisch, das Flugzeug nur dynamisch steigt und fällt, bedient das Luftschrift sich beider Methoden, was ihm eine große Überlegenheit in der praktischen Verwendung sichert. Eine Methode von *Boykow* gestattet die Position nach sechsständiger Fahrt im Nebel auf 500 m genau zu berechnen. Die rentabelsten Flugzeug-Verkehrslinien sind Berlin—Moskau und Marseille—Marokko. Geplant ist die Organisation eines Verkehrs mit Schütte-Lanz-Luftschriften von New York nach Berlin sowie New York—San Francisco und San Francisco—Yokohama. Die letztere Linie verläuft nicht in der Nähe des Parallelkreises von 36° Nord, sondern

schlägt einen großen Bogen nach Norden bis zu den Aleuteninseln, weil der, den kürzesten Weg zwischen San Francisco und Yokohama darstellende größte Kreis auf der kugelförmigen Erde den Bogen des Aleutenarchipels nahezu tangiert. Von letzterem geht der kürzeste Weg zur Nordsee gerade über den Nordpol. Die Schwierigkeiten einer Durchquerung des Nordpolarmees liegen weniger in der großen Kälte, als in dem Versagen der üblichen Navigationsmethode mit dem Magnetkompaß.

Neben seiner Bedeutung als Verkehrsmittel kommt das Luftschiff als wissenschaftliches Forschungsmittel in Betracht. Der Vortragende erwähnte u. A. meteorologische, luftelektrische und erdmagnetische Messungen sowie kartographische Aufnahmen, bei denen auch stereophotogrammetrische Methoden zur Anwendung gelangen können. Schließlich wies er darauf hin, daß ein Luftschiff nur vier Tage braucht, um Afrika in der Nord-Süd-Richtung, zwei Tage, um es in der Ost-West-Richtung zu durchqueren und daß dieses modernste Verkehrsmittel somit die Möglichkeit gibt, auch die abgelegensten und auf andere Weise schwer zugänglichen Gegenden der Erde zwecks wissenschaftlicher Forschungen zu erreichen. O. B.

Die aerologische Tagung zu Lindenberg und die Begründung der meteorologischen Arbeitsgemeinschaft.

Der Zusammenbruch der Internationalen Meteorologischen Organisation infolge des Weltkrieges hat eine Situation geschaffen, die für die Dauer unhaltbar sein dürfte, denn mehr als andere Wissenschaften ist gerade die Meteorologie, insbesondere deren neuester Zweig, die Aerologie, auf ein verständnisvolles Zusammenwirken aller durch ihre geographische Lage miteinander verbundenen Staaten angewiesen. Der in verletzender Form erfolgte Ausschluß Deutschlands hatte zur Folge, daß Geheimrat *H. Hergesell*, der Direktor des Preussischen Aeronautischen Observatoriums Lindenberg, eine Einladung an die führenden Aerologen und Meteorologen Deutschlands, Österreichs und einiger neutraler Staaten erließ, um vor einem größeren Kreise die neueren Probleme zu besprechen und ein Einvernehmen über wissenschaftliche Zusammenarbeit zu erzielen. Aus dem jetzt vorliegenden Bericht über diese Lindener Tagung¹⁾ geht hervor, daß es erfreulicherweise zur Bildung einer Arbeitsgemeinschaft gekommen ist, die bis zu dem Zeitpunkte aufrechterhalten werden soll, an dem ein wirklich internationales Zusammenwirken wieder möglich sein wird. Ihr Hauptzweck besteht darin, die wissenschaftlichen Fragen, die nur gemeinsam bearbeitet werden können, vor allem deren technische Durchführung zu beraten und für eine große internationale Behandlung vorzubereiten. Als nächstliegende Aufgaben betrachtet die

Arbeitsgemeinschaft die Bearbeitung der Fragen des Wetterdienstes, insbesondere des Funkverkehrs und der Strahlungsmessungen. Sie setzt sich zusammen aus Vertretern Deutschlands, Österreichs, der Niederlande, Norwegens, Schwedens, der Schweiz und Spaniens.

Der Bericht bildet somit eine dankenswerte Ergänzung zu demjenigen über die 7. Versammlung der sogenannten „Internationalen“ Kommission zur Erforschung der höheren Luftschichten, der in dieser Zeitschrift eine ausführliche Besprechung erfahren hat²⁾.

In der Einleitung gibt *H. Hergesell* einen Bericht über die Tagung, ihre Veranlassung, ihre Durchführung und die Bildung der Arbeitsgemeinschaft. Angefügt ist die wortgetreue Wiedergabe des Vertrages, der von den bei der Beratung anwesenden Gelehrten durch Unterschrift genehmigt wurde, an den sich aber später noch mehrere Direktoren von meteorologischen Instituten angeschlossen haben. Der Vertrag, dessen Hauptinhalt die Begründung der oben erwähnten Arbeitsgemeinschaft am 5. Juli 1921 bildet, ist unterschrieben von *Angström* (Stockholm), *V. Bjerknes* (Bergen), *Capelle* (Hamburg), *E. van Everdingen* (De Bilt), *Felix Eaker* (Wien), *F. Linke* (Frankfurt a. M.), *Hellmann* (Berlin), *Hergesell* (Lindenberg), *A. Schmauß* (München), *Wilh. Schmidt* (Wien). Später haben sich angeschlossen: *A. Wallén* (Stockholm), *C. Dornó* (Davos-Platz), *E. Fontseré* (Barcelona), *J. Galbis* (Madrid), *J. Conde* (Madrid). Seit dem Erscheinen des Berichtes sind schon weitere Wünsche um Aufnahme in die Arbeitsgemeinschaft eingegangen. Als Obmann für Deutschland ist *H. Hergesell* bezeichnet worden.

Den weiteren Inhalt bildet die Wiedergabe der 14 gehaltenen Vorträge nebst den sich anschließenden Diskussionen. *V. Bjerknes* gibt unter den Titeln „Die Atmosphäre als zirkularer Wirbel“ und „Wellentheorie der Zyklonen und Antizyklonen“ Auszüge aus seiner größeren Abhandlung „The Dynamics of the Circular Vortex with Applications to the Atmosphere and Atmospheric Vortex and Wave Motion“ (Geophysische Publikationen, Kristiania, Bd. II, Nr. 4). Er betrachtet, von dem Gesichtspunkte der absoluten Bewegung ausgehend, die Atmosphäre in erster Annäherung als einen stationären zirkularen Wirbel um die Erdoberfläche und unterscheidet barotrope Wirbel, bei denen die Flächen, welche das Massenfild darstellen, mit den Flächen, die das Druckfeld darstellen, zusammenfallen, und barokline Wirbel, bei denen die Flächen, welche das Massenfild darstellen, zu den Isobarenflächen geneigt sind. Er behandelt dann die großen atmosphärischen Diskontinuitätsflächen, deren wichtigste die obere Stratosphäre von der unteren Troposphäre trennt. Unmittelbar unter dieser Fläche hat man überwiegend westliche, oberhalb unbestimmte schwache Winde. Absolut gerechnet rotieren also die inneren schweren Luftmassen schneller als die äußeren leichteren. Die Grenzfläche muß demnach stärker abgeplattet erscheinen als die Isobarenflächen beider Schichten. So erklärt sich die Tatsache, daß die Troposphärenengrenze in der Nähe der Pole niedrig (etwa 9 km), in den äquatorialen Gegenden dagegen hoch (bis etwa 17 km) gelegen ist. Innerhalb der Troposphäre begegnet man zwei weiteren Diskontinuitätsflächen. Die erste ist die altbekannte Gleitfläche zwischen Passat und Anti-

¹⁾ Ergebnisse der aerologischen Tagung vom 3. bis 6. Juli 1921 im Preussischen Aeronautischen Observatorium Lindenberg. Mit Beiträgen von *Angström*, *Berek*, *Bjerknes*, *Capelle*, *van Everdingen*, *Felix M. Eaker*, *Hellmann*, *Herath*, *Hergesell*, *Kleinschmidt*, *Koppe*, *Linke*, *Polis*, *Reger*, *Robitzsch*, *Schmauß*, *Stüve*, *Tefens*, *Alfred Wegener*, *Kurt Wegener*, *Wenger*, herausgegeben von *H. Hergesell*. (Sonderheft der Zeitschrift „Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre“, Zeitschrift für die Erforschung der höheren Luftschichten.) 95 Seiten mit 23 Fig. Leipzig-München, Keim & Nemrich Verlag. 1922.

²⁾ Die Internationale Erforschung der oberen Luftschichten. Von *O. B.* Die Naturwissenschaften, Berlin 1922, 10. Jahrgang, Heft 15, S. 356—358.

passat, die zweite trennt Luft polaren von Luft äquatorialen Ursprungs. Letztere wird jetzt allgemein als Polarfront bezeichnet und ist in dieser Zeitschrift ausführlich erörtert worden³⁾. In jeder atmosphärischen Diskontinuitätsfläche können nun Wellen aufkommen und sich fortpflanzen. Sie werden aber nur dann in auffälliger Weise das Wetter beeinflussen, wenn die wogende Fläche die Erdoberfläche schneidet und Luftmassen verschiedener Eigenschaften über die Erde hinstreichen läßt. Unter diesem Gesichtspunkt behandelt Bjerknes in seinem zweiten Vortrage die Zyklonen und Antizyklonen und gibt ein schematisches Bild der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation. R. Wegner stützt sich in seinem Vortrage „Der Luftaustausch zwischen Äquator und Pol und das Wetter in den gemäßigten Breiten“ auf die Polarfronttheorie, während G. Stürck die Beobachtungen des Aeronausschen Observatoriums zu Lindenberg seinen Darlegungen über „Die Trennungsflächen in der Atmosphäre“ zugrunde legt.

Da es nicht möglich ist, in dem engen hier gesteckten Rahmen dem bedeutsamen Inhalt der einzelnen Arbeiten gerecht zu werden, so seien von den übrigen Abhandlungen nur die Titel angegeben: Alfred Wegener, „Über die Rolle der Inversionen in den Zyklonen“, M. Berck, „Die Entstehung der zyklonalen Inversionen im oberen Teil der Troposphäre“, F. Hezath, „Gleitflächen und luftelektrische Empfangsstörungen“, Felix M. Ecker, „Über das Wachstum von Wasser- und Sandwellen“ und ferner: „Über den Aufbau hoher Zyklonen und Antizyklonen“, Kurt Wegener, „Die Erhaltung der Böenfront“, J. Rogers, „Über die Schwankungen der Luftdichte in der Troposphäre und Stratosphäre“, M. Robitzsch, „Über tägliche Gang der Lufttemperatur in polaren Gebieten und seine Beziehungen zum täglichen Gang anderer meteorologischer Elemente“ sowie: „Registrierungen der Intensität des Sonnenscheins“, Otto Telens, „Über die Ableitung des mittleren vertikalen Verlaufs eines aerologischen Elements“.

Nicht nur die Vorträge selbst, sondern auch die mitunter sehr eingehenden Diskussionen haben viel dazu beigetragen, manche strittige Fragen zu klären und den besten Beweis für die Fruchtbarkeit eines mündlichen Meinungsaustausches geliefert.

O. Baschke.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Weiteres von der britischen Kuckucksforschung. Die Veröffentlichung der Kuckuckstudien Edgar Chances, die wir neulich an dieser Stelle eingehend würdigten, hat eine Auseinandersetzung des Verfassers mit Stuart Baker zur Folge gehabt, die durch die Besprechung des sensationellen Kuckucksbuches in der Zeitschrift The Auk (Juli 1922, S. 122/23) hervorgerufen wurde. Hier wurde die Ansicht Stuart Bakers, nach welcher der Kuckuck sein Ei mit dem Schnabel in das Nest der Pflegeeltern trägt, den Beobachtungen Edgar Chances gegenübergestellt. Auf der Sitzung der „Oological Society“, die am 15. März 1922 in London stattfand, hatte Stuart Baker schon persönlich Ge-

legenheit gehabt, zu den Forschungen Edgar Chances Stellung zu nehmen, indem er erklärte, er sei durch die von seinem Partner veröffentlichten Bilder nicht überzeugt worden, daß der Kuckuck tatsächlich sein Ei aus dem Ovidukt direkt in das Nest der Pflegeeltern lege. Demgegenüber erklärt Chance nachdrücklich, daß nicht nur er, sondern auch seine Mitarbeiter immer wieder Gelegenheit hatten, diesen Tatbestand festzustellen, und stellt kurzerhand die Behauptung auf, daß *Cuculus canorus* L. überhaupt kein anderes Verfahren als dieses kenne, um sein Ei in den Nestern der Pflegeeltern unterzubringen. Selbst dann, wenn das Nest in einer Höhlung sei, die nur ein ganz kleines Schlupfloch besitze, klammere sich der Kuckuck von außen an das Nest an und versuche, sein Ei unmittelbar aus dem Ovidukt in das Nest fallen zu lassen.

Im August erschien dann in der Graphic eine reich bebilderte Arbeit George J. Scholeys, der in Kent nahe bei Rochester einen Wagtail Cuckoo, d. h. einen bei der Bachstelze schmarotzenden Kuckuck während der ganzen Brutperiode sorgfältigst beobachtet hatte und nun von seinen Erfahrungen Rechenschaft ablegte.

Die Tatsache, daß die Bemühungen Edgar Chances so rasch Schule machten und andere Forscher zum Wettbewerb auf demselben Arbeitsfelde anregten, kann an und für sich selbstredend nur mit großer Befriedigung verbucht werden. Leider ergibt sich aus dem Text, den Scholey seinen Bildern beigab, daß seine Deutung biologischer Vorgänge unter jener Vermenschlichung der Vögel leidet, die in der Tierseelenkunde schon so viel Unheil angerichtet hat. Den Kuckuck einen „plunderer, robber, deceiver und murderer“ zu schelten, hat letzten Endes gar keinen Sinn, denn „animal non agit, sed agitur“, so daß wir ins Leere reden, wenn wir sittliche Werturteile an tierische Handlungswiese anlegen möchten.

Die Beobachtung Scholeys, daß sein Bachstelzenkuckuck in einem Stelzennest das stark bebrütete Gelege zerstört und aus einem anderen sogar die jungen Nestlinge herauszerst, ist dem Ornithologen an sich hochwillkommen. Wenn er aber daraus schließen will, daß der Vogel auf Wochen hinaus planmäßig vorsorgt, etwa wie ein menschlicher Unternehmer, so vermögen wir seinem Gedankengang schlechterdings nicht zu folgen. Ob nicht unter Umständen ein einjähriger Vogel genau so handeln würde, der, von der gesetzmäßigen Entwicklung der Gelege nicht die geringste Ahnung haben könnte? Nachgerade sollten wir doch wissen, daß tierisches Handeln in solchen Fällen nicht auf die erworbene Kenntnis des Individuums bezogen werden darf, sondern auf einen Kreis zwangsmäßig vorgenommener Handlungen, zu denen die Einzel genau so befähigt sind wie die Ahnen, und die in der Regel nur in Zeitläuften wesentlich beeinflusst und verändert werden, welche sich der vergleichenden Beobachtung durch einen und denselben Menschen entziehen dürften. So möchte ich denn Scholeys Behauptung, daß er bis zu einer Frist von zehn bis zwölf Tagen in die Zukunft blickt, ist zweifellos in ihr Gegenteil umkehren und getrost behaupten, es steht außer Zweifel, daß er nicht zehn bis zwölf Tage vorwärts schaut, denn mit individueller Zwecksetzung haben solche von dem Standpunkte der Art zweckmäßigen Handlungen nicht das Geringste zu tun. Das zwangsmäßige Verhalten des Tieres bei solchen Handlungen geht ja sehr hübsch aus Scholeys Beobachtung hervor, daß sein Kuckuckweibchen als Arbeiter das Revier unsicher machen, doch wie gebannt bei dem Vorhaben bleibt, sein Ei in ein ganz bestimmtes Stelzennest zu legen, vergeblich

³⁾ Über die Polarfronttheorie nach Bjerknes und die neueren Anschauungen von den atmosphärischen Vorgängen. Von Erich Kuhlbrodt. Die Naturwissenschaften. Berlin 1922, 10. Jahrg., Heft 21, S. 495—503. Mit 4 Fig.

Gleitflüge über Gleitflüge nach diesem Neste hin unternimmt und schließlich einen so trübseligen Eindruck macht, daß *Scholey* die Arbeiter abseits ruft und dem gequälten Tiere freie Bahn schafft. Animal non agit, sed agitur.

Mehrfach scheint *Scholey* ein bewußtes Zusammenarbeiten der Kuckucksmännchen und Kuckucksweibchen bei dem Geschäft der Eiablage anzunehmen. Auch diesem Gedankengang vermögen wir nicht zu folgen.

Durch eines der Bilder, die *Scholeys* Abhandlung beigegeben worden sind, ist gleich darauf ein Freund und Mitarbeiter *Edgar Chances*, der *Captain Pike*, auf den Plan gerufen worden. In der Graphiconummer vom 23. September 1922, der wiederum eine Reihe von Filmbildern beigegeben wurde, beanstandet er ein von *Scholey* veröffentlichtes Kuckucksbild, dem die Unterschrift beigegeben ist: „Der weibliche Kuckuck mit Ei innen im Schlund. Ein Bild, das die Ornithologen lange zu bekommen suchten.“ Diesen hier angenommenen Sachverhalt stellt nun *Captain Pike* ganz entschieden in Abrede, indem er hervorhebt, daß die Vorwölbung des Schlundes bei diesem Kuckucksweibchen so gering sei, daß man daraus kaum auf ein im Schlunde befindliches Ei schließen dürfe. Auch wisse er nicht, wie das Ei ausgerechnet an diese Stelle kommen sollte. Seiner Ansicht nach ist das Bild durch die Retouche des Photographen verändert worden, nicht etwa in der bewußten Absicht, zu täuschen, sondern weil der Retoucheur ganz unwillkürlich sozusagen den Sinn unterstrich, den er persönlich diesem Bilde im allerbesten, aber doch irrigem Glauben beilegte.

Ein unbefangener Richter wird sich der Beweiskraft dieser Ausführungen nicht entziehen können. Selbst im besten Fall muß er zu dem Schluß gelangen, wir dürften die Ansicht, daß der Kuckuck sein Ei mit dem Schnabel in das Nest der Pflegeeltern hineinlege, noch nicht für wissenschaftlich erwiesen halten, solange sich ihre Verteidiger nur auf dieses Bild berufen können.

Immerhin möchte ich *Scholeys* Beobachtungen nicht missen. Manche Bemerkung, die er macht, ist recht verständlich und fügt sich vortrefflich in größere biologische Zusammenhänge. Das bezieht sich z. B. auf seine Feststellung, daß die vom Legetrieb beherrschten Kuckucksweibchen auffällig lange auf jegliche Nahrungsaufnahme verzichten. Wer dürfte dabei nicht an die Tatsache, daß Zugvögel in der Regel mit völlig leerem Magen erlegt wurden, wobei es mitunter schien, daß sie schon längere Zeit kein Futter zu sich genommen hatten.

Es ist verständlich, daß auch *Edgar Chance* an diesem Hin und Her der Meinungen lebhaften Anteil nimmt, und so verstehe ich auch seinen Entschluß, ein Preisausschreiben zu erlassen, in welchem er dem Ornithologen die Summe von 1000 Pfd. St. zusichert, der den Beweis erbringt, daß der Kuckuck auch bei den ihm unzugänglichen Nesthöhlen das Ei direkt aus dem Eileiter in die Nesthöhle gelangen läßt, niemals aber mit dem Schnabel darin unterbringt. Allerdings würde ich es für logischer halten, wenn er die Aufgabe auf ihren positiven Teil beschränkt hätte, denn negative Behauptungen zu erweisen, ist auch in der Biologie eine so heikle Sache, daß dazu die Frist eines kurzen Menschenlebens kaum ausreichen dürfte. Wie lange glaubte man nicht, daß alle Pferde den Stichen der Tsetsefliege erliegen müßten, und dann fand sich doch ein Schimmelhengst, der diesem mörderischen Schädling zu trotzen vermochte!

In diesem Zusammenhange weisen *Chance* und seine

Mitarbeiter darauf hin, daß wiederholt Kuckuckseier vor der Nesthöhle der Pfleglinge auf dem Boden gefunden wurden, in einer Lage, welche den Gedanken nahelegte, es sei aus dem Ovidukt des an den Stamm geschmiegtens Vogels nicht, wie dieser beabsichtigte, in die Nesthöhle gefallen, sondern außerhalb des Stammes zu Boden gegelitten. Würde mir ein solcher Vorgang unwiderleglich nachgewiesen, so wäre für mich persönlich die Angelegenheit auch schon im Sinne *Edgar Chances* entschieden, denn anzunehmen, der Kuckuck befolge mehrere Methoden, scheint mir mit dem Wesen der Sache unverträglich, denn solche biologische Vorgänge pflegen zwangsläufig zu sein, womit sich derlei Wahlfreiheit a priori kaum verträge.

Jedenfalls hat man bezüglich aller dieser Fragen jetzt den Eindruck, daß die Geister wach geworden sind und man hüben und drüben redliche Arbeit leisten wird, um zu endlicher Klarheit zu gelangen. Diesen frischen Wetteifer belebt zu haben, ist aber zweifellos das Verdienst des zielbewußten *Edgar Chance*, ein Verdienst, das gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann.

Fritz Braun.

Heike Kamerlingh Onnes. Zur 40. Wiederkehr des Tages, an dem der „gentleman du zéro absolu“ zum erstenmal den Lehrstuhl der Experimentalphysik in Leiden bestieg, widmet ihm *Ernst Cohen* ein anmutiges, geist- und humorvolles, mit einer Reihe von Bildnissen geschmücktes Schriftchen¹). Es schildert in Kürze den Werdegang dieses Forschers, aus dessen Knabenjahren in Groningen vergnügliche Schulgeschichten ausgegraben werden, zeigt, wie er schon in seinem 18. Lebensjahre einen Preis der Universität Utrecht für eine kritische Untersuchung über die Verfahren zur Dampfdichtebestimmung errungen, begleitet ihn nach Heidelberg zu *Bunsen* und *Kirchhoff* und zurück nach Groningen, wo er auch in der Studentensozietät eine wichtige Rolle spielte und mit einer Arbeit über „Neue Beweise für die Achsendrehung der Erde“ den Doktorgrad erwarb. Dann sehen wir *Onnes* vier Jahre lang als Assistenten von *Bosscha* an der Polytechnischen Schule zu Delft, bis er 1892 nach Leiden berufen wurde. Den Siegeszug, den *Onnes* seitdem durch das Gebiet der tiefen Temperaturen unternommen, schildert *Cohen* nicht im einzelnen, zumal eine besondere Festschrift zur gleichen Gelegenheit diese Aufgabe erfüllt²). Statt dessen benutzt er den Anlaß zu einer kleinen historischen Studie über die Frage, wer zuerst ein Gas verflüssigt hat. Durch Entwirrung einer Kette von Irrtümern und Mißverständnissen wird an Hand von Originalstellen gezeigt, daß nicht — wie unter anderen auch *Onnes* selbst angenommen hatte — dem holländischen Mediziner, Physiker und Chemiker *Martinus van Marum* diese Ehre gebührt, noch auch seinem Mitarbeiter, dem Amsterdamer Kaufmann *Paets van Troostwijk* (1787); denn bei deren Versuchen kann es sich nicht um flüssiges Ammoniak, sondern nur um eine Lösung von Ammoniak in etwas Wasser gehandelt haben, wie *Cohen* überzeugend nachweist. Andererseits hatte *Faraday*, als ihm die Verflüssigung des Chlors gelang, darin schon mehrere Vorgänger, darunter

¹) *Van Boerhaave tot Kamerlingh Onnes. Een Blad ter Herdenking van den 11 november 1882 door Ernst Cohen.* Overgedrukt uit „Chemisch Weekblad“ 1922, Nr. 45.

²) Het Natuurkundig Laboratorium der Rijksuniversiteit te Leiden in de Jaren 1904—1922, Gedenkboek aangeboden aan *H. Kamerlingh Onnes*, Directeur van het Laboratorium, bij gelegenheid van zijn veertigjarig Professoraat op 11 november 1922 (Leiden 1922).

Northmore (1805). Aber schon vor dem Jahre 1780 hatte der Mathematiker und Physiker *Gaspard Monge*, der Schöpfer der darstellenden Geometrie, damals noch Dozent an der Artillerieschule in Mézières, mit seinem dortigen Kollegen, *Louis Clouet*, Schwefeldioxyd bei -28° verflüssigt. Fragt man aber weiter, wer als erster das Problem der Veränderung des Aggregatzustandes von Gasen gestellt und durchdacht hat, so darf nicht *Lavoisier* hierfür in Anspruch genommen werden, sondern schon der berühmte holländische Arzt *Herman Boerhaave* in Leiden (1688—1738), der aber bekennen mußte, daß eine Kondensierung der Luft (er spricht nur von dieser) auf keine Weise gelungen sei. Zwei Jahrhunderte später sollte in derselben Stadt durch das Zusammenwirken von Theorie und Versuch eine ungeahnte Ernte auf diesem Gebiete eingeheimst werden! Ist es doch *Kamerlingh Onnes* ganz neuerdings geglückt, eine Temperatur von einigen Hundertstel Grad unter $0,9^{\circ}$ K. zu erreichen, ohne daß er deswegen seine Lösung „inferior!“, „immer tiefer!“ aufgeben wird.

Fr. Au.

Die relative Empfindlichkeit des Ohres für Töne verschiedener Höhe, die bei Schwellenreizen schon mehrfach untersucht worden ist, hat *Donald Mackenzie* (Proc. Nat. Acad. of Sc., 8. 188—191, 1922) nunmehr auch bei überschwelligen Reizen geprüft. Er ließ den Normal- mit dem Vergleichston trillern und bestimmte diejenige Stärke des Vergleichstons, bei welcher der Triller ebenmäßig, die beiden Töne also gleich laut erschienen. Der Fehler bei wiederholten Bestimmungen betrug höchstens 5%. Verschieden hohe Töne, die dem Normalton gleichstark erscheinen, erscheinen auch untereinander gleichstark. Die Normaltonhöhe war 700 v. d., die Vergleichstöne lagen zwischen 200 und 4000. Die Normalstärken, ausgedrückt als Drucke, betrugen $1, 50, 1$ und 50 dyne/cm². Die relative Empfindlichkeit erwies sich als unabhängig vom Stärkeniveau, die Logarithmen der äquivalenten, d. h. gleich laute Empfindungen ergebenden Drucke sind eine lineare Funktion der Logarithmen der Schwingungszahlen. Das besagt, daß — in dem untersuchten Gebiet von Tonhöhen und Stärkegraden — eine Ton-erhöhung um ein bestimmtes Intervall, z. B. eine Oktave, bei gleichbleibender Amplitude, immer die gleiche Steigerung der Empfindlichkeit bewirkt, und daß diese Steigerung dem Weberschen Gesetz folgt.

v. Hornbostel.

Astronomische Mitteilungen.

Die charakteristischen Eigenschaften der Sternhaufen sucht *R. Trümpler* in einem Aufsatz: Comparison and Classification of Star-Clusters (Publ. of the Allegheny Obs. Vol. 6, Nr. 4) auf Grund eingehender Studien abzuleiten. Die Arbeit bringt allerlei Interessantes zutage, so daß es sich lohnen dürfte, etwas ausführlicher auf sie einzugehen. *T.* weist zunächst auf die Unzulänglichkeit der bisherigen Klassifikation nach dem bloßen Aussehen der Sternhaufen im Fernrohre hin und betont, daß z. B. die Grenze zwischen den sogenannten offenen Haufen und den typischen Kugelhaufen nur sehr schwer zu ziehen sei, daß sich vielmehr ein kontinuierlicher Übergang herstellen lasse von der einen Gattung zur anderen. In einem ersten Kapitel wird dann, vielleicht ein wenig zu weitschweifig, die „Methode“ auseinandergesetzt, welche darin gipfelt, daß sich unter den gegenwärtigen Verhältnissen eine hinreichende Beschreibung der Sternhaufen nur gründen lasse auf eine Funktion

$\psi(m, r)$, wo m die scheinbare Helligkeit der Sterne, r ihr scheinbarer Abstand vom Mittelpunkt des Haufens ist. Konstantsetzung von r bzw. Integration über r von 0 bis zur Grenze R des Haufens gibt dann, wie man sieht, die „Verteilungsfunktion der Leuchtkräfte“ für eine bestimmte Zone bzw. den ganzen Haufen; und ebenso erhält man durch Konstantsetzung von m bzw. Integration über alle m die Dichteverteilung der Sterne innerhalb des Haufens. Da sich die Sterne auf einen mit Sternen auch sonst besetzten Hintergrund projizieren, ist es wichtig, die zu dem Haufen gehörigen Sterne von den „Hintergrundsternen“ zu trennen. Dies geschieht dadurch, daß die Sterne in konzentrischen Kugelschalen um den Mittelpunkt des Haufens abgezählt werden. In einer gewissen Entfernung wird die Sterndichte einen konstanten Wert annehmen, der die mittlere Anzahl der Hintergrundsterne darstellt, während die betreffende Entfernung selbst die Grenze R des Haufens liefert. Ein Beispiel zur Erläuterung; es betrifft den hellen offenen Haufen Melotte 210 ($18^{\circ}31'13''$ $+5^{\circ}19'$).

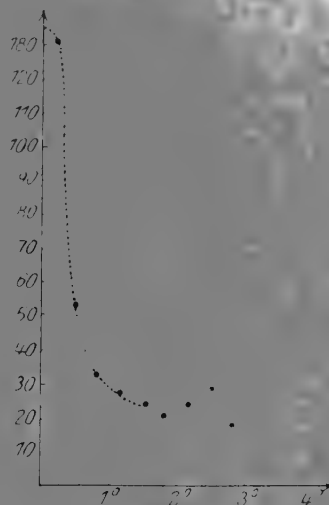


Fig. 1. Scheinbare Verteilung der Sterne in dem Haufen Melotte 210. Abszissen: Abstände vom Zentrum des Haufens. Ordinaten: Anzahlen der Sterne pro Quadratgrad.

Ring	Anzahl der Sterne	Dichte	Haufensterne
0'—20'	46	131,3	38
20'—40'	56	53,3	32
40'—60'	57	32,0	16
60'—80'	66	27,1	9
80'—100'	75	23,9	2
100'—120'	154	21,1	0
120'—140'	173	24,1	0
140'—160'	100	28,7	0
160'—180'	75	18,9	0

Unter „Dichte“ stehen die Anzahlen der Sterne pro Quadratgrad, wie sie aus den beobachteten Zahlen und den Inhalten der Ringe sich ergeben. Diese Zahlen finden ihren bildlichen Ausdruck in der Fig. 1, derzufolge die Grenze des Haufens bei $100'$ und die mittlere Anzahl der Hintergrundsterne auf 23 anzusetzen wäre, so daß als wirklich zu dem Haufen gehörig nur die in der letzten Spalte verzeichneten Anzahlen von Sternen zu betrachten sind. Diese Methode, auf 6 mehr oder weniger offene Haufen

angewandt, führt zu dem Ergebnis, daß die Haufen eine wesentlich größere Ausdehnung besitzen, als in den bisherigen Katalogen gewöhnlich angegeben wird, wie die nachstehenden Durchmesser zeigen:

	Trümpler	Melotte
Plejaden	6°	—
Präsepe	6	2°
NGC 752	4,2	45'
Melotte 179	3,0	60'
NGC 6633	2,2	20'
Melotte 210	3,2	15'

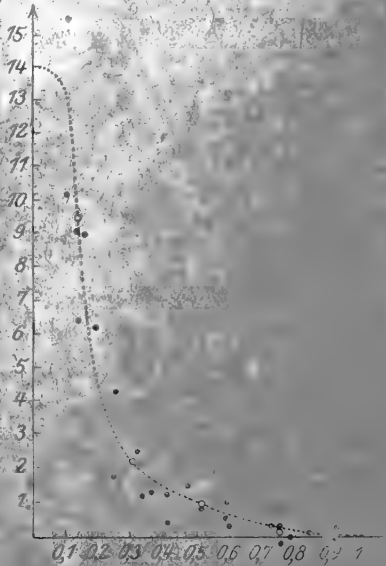


Fig. 2. Mittlere Verteilung der Sterne in sechs verschiedenen Haufen. Abszissen: Entfernung vom Zentrum in Teilen des Grenzradius. Ordinaten: Anzahlen der Sterne in Einheiten der mittleren Anzahl pro Quadratgrad.

Will man verschiedene Haufen untereinander vergleichen, so kann das geschehen, wenn man die Entfernungen vom Zentrum in Teilen des Grenzradius, die Dichten in Teilen der mittleren Dichte ausdrückt. Es ergibt sich dann die bemerkenswerte Tatsache, daß die Dichteverteilungen in den 6 betrachteten Haufen einander sehr ähnlich sind. Man mag das ersehen aus den geringen Abweichungen der einzelnen Punkte in Fig. 2 von der mittleren Kurve.

Ein dritter Abschnitt bringt eingehende Untersuchungen über die Plejaden und die Präsepe mit dem Hauptergebnis:

1. Die helleren Sterne zeigen in beiden Haufen eine viel stärkere Konzentration nach der Mitte zu als die schwächeren.
2. Die Verteilungsfunktion der Leuchtkräfte steigt bei Präsepe viel steiler an (innerhalb 3 Größenklassen von 10 Sternen auf 52 pro Sterngröße) als bei den Plejaden (innerhalb 7 Größenklassen von 1 auf 56).

Der 4. Abschnitt ist dem Haufen h Persei gewidmet, und bringt gegenüber den früheren Untersuchungen, die sich nur auf die in der BD vorkommenden Sterne beziehen, eine Ausdehnung der Abzählungen

nach photographischen Aufnahmen bis zur 17. Größe. Es zeigt sich dabei deutlich, wie der nach der angegebenen Methode abgeleitete Grenzradius um so größer ausfällt, zu je schwächeren Sternen man übergeht. Haufensterne heller als 10. Größe kommen z. B. jenseits 0°2 vom Zentrum nicht mehr vor, während die Grenze für die Sterne 16. Größe erst bei 0°5 liegt. Besondere Beachtung scheint mir der letzte Abschnitt zu verdienen, der vier Typen von Sternhaufen vergleicht und zur Feststellung ganz wesentlicher Verschiedenheiten gelangt. Auch hier dürfte das Bild am eindringlichsten wirken, weshalb die betreffende Figur aus der Arbeit hier reproduziert sei. Die Charakteristik der vier Haufen ist in der folgenden Übersicht enthalten.

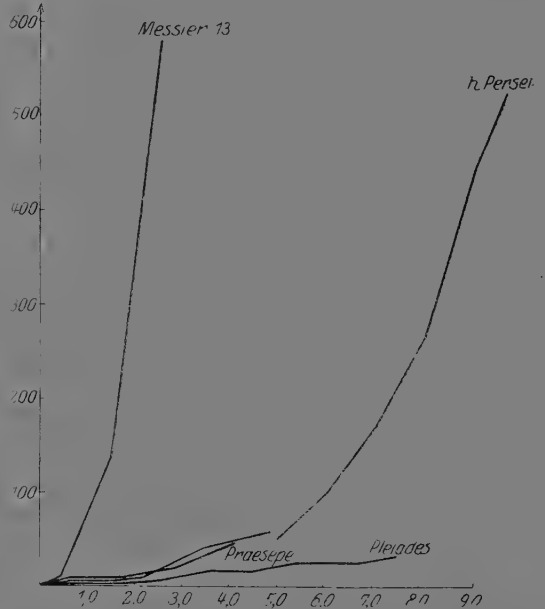


Fig. 3. Verteilungsfunktion der absoluten Leuchtkräfte für vier verschiedene Typen von Sternhaufen. Abszissen: Sterngrößen, gezählt vom hellsten Stern ab. Ordinaten: Anzahlen der Sterne für ein Intervall von einer Sterngröße.

Durchmesser	hellster Stern	Beschreibung
Plejaden.. 6°	2 ^m .9 B 5	großer, verstreuter, off. H.
Präsepe .. 6	6.3 A 8	großer, off. H.
h Persei.. 1,06	7,0 B 0	reicher, dichter, off. H.
Messier .. 0,25	12.5 (K 5)	Kugelhaufen

Ein Vergleich von nicht geringerer Wichtigkeit als der vorangehende ist der mit Kapteyns Verteilungsfunktion der Leuchtkräfte. Diese versagt für h Persei vollkommen, so daß Trümpler bezüglich der bekannten Arbeit Schoutens sagt: „Parallaxes of star clusters derived from a comparison of their luminosity law with Kapteyn's formula, therefore, do not seem to merit entire confidence.“

Alles in allem handelt es sich hier um eine sehr verdienstvolle Arbeit in einem Augenblick, wo die Frage der Vergleichbarkeit der Sternhaufen eine so große Rolle spielt, und man kann nur wünschen, daß sie mit derselben Sorgfalt auch noch auf weitere Sternhaufen ausgedehnt werden möge.

Kienle.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 2. (Seite 17—32.)

12. Januar 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Was ist die Ursache für das scheinbare Auftreten von Subelektronen an submikroskopischen Teilchen? Von *E. Regener, Stuttgart*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 17.

Über Fettansatz. Von *Julius Bauer, Wien*. S. 21.

Besprechungen:

Stark, Johannes, Die gegenwärtige Krisis in der deutschen Physik. Von *M. v. Laue, Berlin*. S. 29.

Chwolson, O. D., Lehrbuch der Physik. 2. Auflage.

III. Band, 1. Abteilung. Die Lehre von der Wärme. Von *F. Henning, Berlin*. S. 30.

Müller, Aloys, Die philosophischen Probleme der Einsteinschen Relativitätstheorie. Von *Hans Reichenbach, Stuttgart*. S. 30.

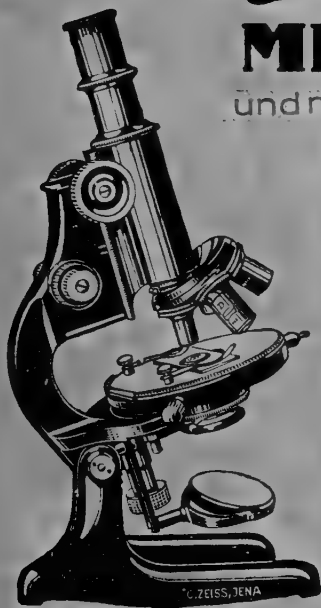
Michel, E., Hörsamkeit großer Räume. Von *E. Waetzmann, Breslau*. S. 31.

Richtlinien für die Tätigkeit des Japanausschusses der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. S. 31.

ZEISS

MIKROSKOPE

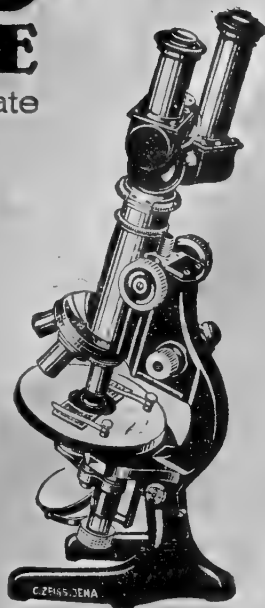
und mikroskopische Hilfsapparate



Lupen
Projektionsapparate
Epidiaskope
Photo-Objektive

usw.

Druckschriften auf
Wunsch kostenfrei



Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 400.— für Januar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 125.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-
Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen

mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Gemeinsam mit
W. Blaschke, Hamburg, M. Born, Göttingen, C. Runge, Göttingen,

herausgegeben von

R. Courant, Göttingen

Band III

Vorlesungen über allgemeine Funktionen- theorie und elliptische Funktionen.

Von **Adolf Hurwitz**, weil. ord. Professor der Mathematik am Eidgenössischen Polytechnikum Zürich. Herausgegeben und ergänzt durch einen Abschnitt über:

Geometrische Funktionentheorie

von **R. Courant**, ord. Professor der Mathematik an der Universität Göttingen. Mit 122 Textfiguren. (XII, 400 S.) 1922.

G. Z. 13; gebunden G. Z. 16

Band II

Theorie und Anwendung der unendlichen Reihen.

Von Dr. **Konrad Knopp**, ord. Professor der Mathematik an der Universität Königsberg. Mit 12 Textfiguren. (X, 474 S.) 1922.

G. Z. 15; in Ganzleinen geb. G. Z. 18

Band I

Vorlesungen über Differential - Geometrie

und geometrische Grundlagen von Einsteins Relativitätstheorie. I. Elementare Differentialgeometrie. Von **Wilhelm Blaschke**, ord. Professor der Mathematik an der Universität Hamburg. Mit 38 Textfiguren. (X, 230 S.) 1921.

G. Z. 7,5; in Ganzleinen geb. G. Z. 10

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Was ist die Ursache für das scheinbare Auftreten von Subelektronen an submikroskopischen Teilchen?

Von E. Regener, Stuttgart.

Mit den nachstehenden Zeilen beabsichtige ich nicht, eine neue Diskussion über Sein oder Nichtsein des Subelektrons anzufangen. Diese Frage ist meines Erachtens bereits endgültig zu Ungunsten des Subelektrons entschieden. Ich kann da auf die vorzügliche Zusammenfassung verweisen, die Herr Bär kürzlich hier gegeben hat¹⁾. Auch Herrn Ehrenharts Erwiderung²⁾ kann meiner Meinung nach daran nichts ändern, da sie im wesentlichen nur bereits oft Gesagtes wiederholt. Das Hauptinteresse in dieser Angelegenheit richtet sich wohl bei der Mehrzahl der Fachgenossen zur Zeit nur noch auf die Frage nach der Ursache, die die Unterschreitungen der elektrischen Elementarladung vortäuscht. Warum kommen gerade bei den Messungen an kleinen Teilchen nach den üblichen Formeln Ladungen heraus, die mit dem Werte für das Elektron unverträglich sind, der sich sonst in der Physik überall ohne Ausnahme so gut bewährt?

Eine wesentliche Klärung hat diese Frage bereits durch die sehr sorgfältigen Messungen Herrn Bärs³⁾ gefunden, bei denen aus Beobachtungen der Beweglichkeit eines und desselben Nebelteilchens bei zwei verschiedenen Gasdrücken die Dichte des Teilchens berechnet wird. Die Dichte kommt danach meist wesentlich zu klein heraus, so daß dadurch die scheinbaren Ladungsunterschreitungen erklärt sind, die mit der normalen Dichte nach der üblichen Stokes-Cunninghamsehen Formel berechnet sind.

Daraus ist jetzt die weitere Frage nach der Ursache der Dichteänderung entstanden. Ohne Zweifel wird man in vielen Fällen die Herstellungsweise der Teilchen für die abnorm kleine Dichte verantwortlich machen können. Wenn z. B. Metallteilchen durch den Lichtbogen oder den elektrischen Funken hergestellt werden, so ist bei den großen und stürmischen Energieumsätzen, die diesen Vorgang begleiten, eine flockige oder schwammige Struktur der gebildeten Teilchen so naheliegend, daß man eine normale Dichte bei solchen Teilchen im allgemeinen gar nicht erwarten kann. In anderen Fällen ist z. B. eine Veränderung der Oberfläche durch Oxydation oder ein

Rissigwerden der Teilchen beim Erstarren, wenn sie durch Verdampfen hergestellt werden, möglich. Herr Bär hat das im einzelnen bereits diskutiert.

Eine andere Ursache für die Dichteänderungen habe ich vor zwei Jahren als Arbeitshypothese angegeben⁴⁾. Danach nehme ich an, daß die Teilchen von einer adsorbierten Gasschicht von bestimmter Dicke umgeben sind. Beobachtet man nun Teilchen desselben Materials, aber von stetig abnehmender Größe, so wird von einem bestimmten Radius an der Einfluß der Gasschicht bemerkbar werden. Die Beweglichkeit der Teilchen wird vermindert erscheinen und dadurch wieder zu kleine Ladungen der Teilchen vortäuschen.

Die Verringerung der Beweglichkeit durch die dem Teilchen anhaftende Gasschicht kann man natürlich auch als eine Verkleinerung der mittleren Dichte des Teilchens auffassen, wenn man als Teilchen jetzt den normalen Kern plus der darauf sitzenden Gasschicht betrachtet. Über die Größe der Dichteänderung sagt meine Hypothese nichts aus. Wenn sie aber richtig ist, so gibt sie zum ersten Male eine Ursache der Dichteverminderung an, die unter bestimmten Bedingungen, insbesondere bei genügender Kleinheit des Teilchens immer in Wirkung treten muß. Ganz selbstverständlich ist es aber, daß die anderen Faktoren, welche Dichteänderungen bewirken, wie flockige Struktur infolge der Herstellungsmethode, Oxydation der Oberfläche, neben der von mir angenommenen Ursache gleichzeitig wirken können. Ja, in geeigneten Fällen, insbesondere bei flockigen Teilchen, wird sicher die Wirkung der adsorbierten Gasschicht durch den Einfluß der Struktur des Teilchens überdeckt werden. Keinesfalls schließt aber die eine Ursache die andere aus.

Die Annahme einer Gasschicht als Ursache für die scheinbaren Unterschreitungen der Elementarladung hat neuerdings durch eine im Stuttgarter physikalischen Institut ausgeführte Arbeit von M. König⁵⁾ eine Bestätigung und Erweiterung erfahren. Ich möchte daher in folgendem kurz entwickeln, mit welchen experimentellen Grundlagen diese Hypothese sich zurzeit stützen läßt.

Den Ausgangspunkt für die Hypothese bildet die Arbeit von E. Radel⁶⁾. Herr Radel hat an Teilchen von Paraffinöl, Kolophonium, Quecksilber und Gold in Luft Ladungsmessungen über ein möglichst weites Intervall der Teilchengröße

¹⁾ E. Regener, Berl. Ber. 32, 632, 1920.

²⁾ F. Ehrenhaft, Naturwiss. 10, 980, 1922.

³⁾ M. König, Dissertation Stuttgart 1922, Z. S. für Physik 11, 253, 1922.

⁴⁾ E. Radel, Dissertation Berlin 1920, Z. S. f. Phys. 3, 63, 1920.

⁵⁾ R. Bär, l. c. und Ann. d. Phys. 59, 393, 1919.

ausgeführt ($r = 2,8 \cdot 10^{-6}$ bis $80 \cdot 10^{-6}$ cm nach *Stokes-Cunningham*); das letztere in der Absicht, in derselben Apparatur sowohl Teilchen von der von Herrn *Millikan* benutzten Größe, als auch die kleinsten, die nach Herrn *Ehrenhaft* die größten Unterschreitungen zeigen, zur Messung zu bringen. Bei irgendeiner Teilchengröße müßte sich doch, so wurde vermutet, der Übergang von den normalen *e*-Werten Herrn *Millikans* zu den Subelektronen Herrn *Ehrenhafts* ergeben. Auch war zu hoffen, daß man aus der Lage dieses kritischen Teilchenradius, bei dem der Übergang stattfand und aus der Abhängigkeit dieser Stelle vom Teilchenmaterial und von den sonstigen Versuchsbedingungen vielleicht Schlüsse auf die Ursache der Unterschreitung würde ziehen können.

In der Tat hat nun Herr *Radel* durch seine sorgfältigen Messungen zeigen können, daß es sowohl bei Quecksilber- wie bei Goldteilchen einen solchen kritischen Teilchenradius gibt, oberhalb dessen, nach *Stokes-Cunningham* berechnet, die normalen Werte des Elementarquantums herauskommen⁷⁾, unterhalb dessen die berechneten Ladungen aber um so kleiner werden, je kleiner die benutzten Teilchen sind. Dabei zeigte sich aber ein deutlicher Unterschied in der Lage des kritischen Radius: bei Quecksilber lag er bei etwa $1,0-1,5 \cdot 10^{-5}$ cm, bei Goldteilchen doppelt so hoch, nämlich etwa bei $r = 2,7 \cdot 10^{-5}$ cm.

Es zeigte sich also eine Abhängigkeit des Radius der beginnenden Unterschreitung von der Dichte der benutzten Teilchen. Bei Paraffinöl- und Colophoniumteilchen wurde zudem eine Unterschreitung überhaupt nicht beobachtet, weil wegen der zu großen Molekularbewegung dieser leichten Teilchen nicht so kleine Teilchen beobachtet wurden wie beim Quecksilber und Gold. Augenscheinlich lag also der Radius der beginnenden Unterschreitung wegen der geringen Dichte der Teilchen bei noch kleineren Radien.

Das führte zu der Hypothese der Gashaut⁸⁾. Adsorbierte Gashäute an festen Körpern sind oft der Gegenstand der experimentellen Forschung gewesen und durch Wägung, Volumenmessung und optische Effekte unter den verschiedensten Bedingungen nachgewiesen worden. Die experimentellen Befunde ergaben auch eine Dicke der Schicht in der Größenordnung 10^{-6} bis $1 \cdot 10^{-5}$ cm, wie sie für den vorliegenden Zweck notwendig ist⁹⁾. Nimmt man diese experimentellen Tatsachen als richtig an, so muß auch bei

Ladungsmessungen an kleinen Teilchen ihre Wirkung berücksichtigt werden. Denn es ist kein Grund zu ersehen, weswegen die an makroskopischen Körpern beobachteten Gasschichten an den submikroskopischen Teilchen gerade nicht auftreten sollten. In der Tat erklärt eine den Teilchen anhaftende Gasschicht alle beobachteten Erscheinungen auch in den Fällen, wo andere Ursachen für Dichteänderungen der Teilchen nicht angegeben werden können.

Man muß annehmen, daß die adsorbierte Schicht bei bestimmtem Teilchenmaterial eine bestimmte Dicke hat. Von einem bestimmten Teilchenradius an abwärts wird ihre Dicke gegenüber dem Teilchenradius in Betracht kommen. Damit beginnt ihr Einfluß auf die Beweglichkeit, die kleiner herauskommt als bei einem Teilchen ohne Gashülle. Wenn die Beweglichkeit aber zu klein gefunden wird, ergeben sich auch die Ladungen zu klein. Wenn ferner die Gashaut infolge der größeren Dichte der Teilchen dicker ist, so muß ihr Einfluß schon bei einem größeren Radius einsetzen. Dies alles stimmt mit den Messungen Herrn *Radels* gut überein.

Zu beachten ist, daß sich nach dem Vorhergehenden der Teilchenradius mit der *Stokes-Cunninghamschen* Formel nur so lange richtig ergibt, als die Gasschicht in ihrer Dicke zu vernachlässigen ist. In die Formel geht ja die Dichte des Teilchens ein und diese wird durch die Gasschicht herabgesetzt. Es läßt sich also zwar noch der Radius der beginnenden Unterschreitung angeben, nicht aber irgendein Teilchenradius unterhalb dieses kritischen Punktes. Hier müssen erst noch andere Messungen hinzukommen, wie die Bestimmung der mittleren Verschiebung der Brownschen Bewegung des Teilchens oder Messungen bei anderen Drucken. Sonst bleiben Radius, Dichte und Ladung unbestimmt.

Zur weiteren Prüfung der Richtigkeit der Gashauthypothese erscheinen Beobachtungen erwünscht, bei denen die Eigenschaften, die sonst Gasschichten haben, auch an den kleinen Nebelteilchen ihre Wirkung zeigen. Die Adsorption von Gasen hängt nun allgemein ab von Temperatur, Druck und Substanzeigenschaften. Diese Einflüsse müssen sich also bei den Gasschichten auf Nebelteilchen wiederfinden. Die Wirkung der Temperatur ist, wenigstens für so große Intervalle, welche Erfolg versprechen, schwierig zu untersuchen. In welcher Richtung der Einfluß des Druckes sich geltend machen muß, ist schwer zu sagen. Die von festen Körpern adsorbierte Gasmasse wächst zwar mit zunehmendem Druck, aber in komplizierter Funktion; im allgemeinen bedeutend weniger stark als proportional. Die Masse der an den Teilchen sitzenden Gashaut wird also mit Erhöhung des Druckes zunehmen. Entgegengesetzt wirkt aber der Umstand, daß das Volumen der Schicht durch erhöhten Druck verkleinert wird. Da das Gesamt-

⁷⁾ Herr *Radel* hat besonders Jagd gemacht auf niedrig (einfach-) geladene Teilchen, damit ihm ja keine Subelektronen entgingen.

⁸⁾ Anschauungen, die *Schidlof* und *Targonski*, Arch. des Sciences phys. et nat. 43, April-Mai 1917 und 45, März 1918 entwickelt haben, können als Vorläufer der Hypothese aufgefaßt werden.

⁹⁾ Daß theoretische Überlegungen die Wirkungssphäre der Molekularkräfte kleiner ergeben, hindert natürlich nicht die Heranziehung der experimentellen Daten.

volumen des Teilchens aber für die Beweglichkeit maßgebend ist, so kann die Verkleinerung des wirksamen Volumens der Schicht die Vergrößerung der Masse unter Umständen kompensieren.

In der Tat lassen Messungen Herrn Wolters¹⁰⁾ einen Einfluß des Druckes nicht sicher erkennen. Herr Wolter hat seine Messungen unter ähnlichen Bedingungen wie Herr Radel, aber unter verschiedenen Drucken (bei 1, 5 und 9 Atm.) ausgeführt. Eine Verschiebung des Teilchenradius der beginnenden Unterschreitung war in einigen Fällen angedeutet, ließ sich aber nicht eindeutig feststellen. Die starke Streuung der bei verschiedenen Teilchen gefundenen Einzelwerte, die besonders bei den in Funken zerstäubten Partikeln auftritt, beeinträchtigt hier die Verwertung der Beobachtungen. Jedenfalls läßt sich aber nach den Wolterschen Messungen sagen, daß der Einfluß des Druckes auf den kritischen Teilchenradius in dem untersuchten Intervall sicher nur ein geringer ist. Darin ist zugleich das Resultat enthalten, das die Woltersche Arbeit in dem ganzen behandelten Fragenkomplex so wichtig macht, daß nämlich die bei kleinen Teilchen errechneten Unterschreitungen der Elementarladung nicht auf ein Versagen der Cunninghamschen Korrektur der Stokesschen Widerstandsformel — kleine Differenzen in dem Zahlenwerte außer acht gelassen — zurückgeführt werden können¹¹⁾. Denn das Verhältnis l/a (freie Weglänge der Moleküle des umgebenden Gases zu Teilchenradius) wird im Verhältnis 9 : 1 durch die Vergrößerung des Druckes verändert, ohne daß eine merkliche Änderung der nach Stokes-Cunningham berechneten Ladungen eintritt¹²⁾.

Daß die *Substanzeigenschaften* von Einfluß auf die Stärke der Gashaut und damit auf den Teilchenradius der beginnenden Unterschreitung sind, hat sich schon bei den Messungen Herrn Radels gezeigt. Mit zunehmender Kleinheit der Teilchen wurde der kritische Radius zuerst bei dem dichtesten Gold-, dann bei Quecksilberteilchen erreicht, während er bei den noch leichteren Colophonium- und Paraffinöltröpfchen überhaupt nicht erreicht wurde. Die Menge des adsorbierten Gases ist aber außer von dem adsorbierenden Körper noch von der *Natur des adsorbierten Gases* abhängig. Den hiervon herrührenden Einfluß auf die Lage des kritischen Radius hat Herr M. König¹³⁾ untersucht. Herr König hat Ladungsmessungen an Quecksilberteilchen, die durch Verdampfung hergestellt waren, in

trockener Luft und Kohlensäure¹⁴⁾ angestellt. Fig. 1 und 2 geben die entsprechenden aus seiner Arbeit entnommenen Kurven (Ladung nach Stokes-Cunningham als Funktion des Teilchenradius) wieder. Man sieht deutlich, daß in Luft die Unterschreitungen bei einem Teilchenradius von etwa $1,2-1,3 \cdot 10^{-5}$ cm beginnen, in Kohlensäure (Fig. 2) schon bei etwa $2,1 \cdot 10^{-5}$ cm.

Natürlich wird sich der Radius der beginnenden Unterschreitung, auch wenn man noch mehr Einzelmessungen aufnimmt, niemals als ein scharfer Knick in den Kurven äußern können, da mit zunehmender Größe der Teilchen der Einfluß der Gashaut sich *allmählich* verliert. Doch braucht man in den beiden Kurven nur die Teilchen in dem Bereiche des Radius von 1,5 bis $2,0 \cdot 10^{-5}$ cm zu vergleichen, um über den angegebenen Effekt außer Zweifel zu sein. In Luft geben innerhalb der Versuchsfehler noch alle Teilchen normale e -Werte, während in Kohlensäure in dem gleichen Intervall alle Teilchen kräftige Unterschreitungen (im Mittel auf die Hälfte) zeigen. Die Kohlensäure, das leichter adsorbierbare Gas, setzt also schon in dem Intervall, in dem die Luft noch wirkungslos ist, die Beweglichkeit der Teilchen stark herab¹⁵⁾. Besonders wertvoll ist dieses Resultat, weil es an den zweifellos kugelförmigen Quecksilberteilchen, die durch Verdampfung hergestellt sind, gewonnen ist. Eine flockenförmige Struktur, wie sie bei der elektrischen Zerstäubung von Teilchen wahrscheinlich ist, ist also hier ausgeschlossen. Auch eine Oxydation des Quecksilbers, die möglicherweise in Luft eintritt, in Kohlensäure nicht, kann man nicht zur Erklärung der Verschiedenheit des kritischen Radius in beiden Gasen heranziehen. Denn ein solcher Effekt würde, da er die Dichte des Quecksilbertröpfchens verkleinern würde, die Teilchengröße der beginnenden Unterschreitung in Luft nach den größeren Radien zu verschieben. Der durch die verschiedenen starke Gashülle hervorgerufene Unterschied kann also dadurch höchstens zu klein gefunden sein.

Die Annahme einer Gasschicht scheint mir durch die Arbeit Herrn Königs sehr an Wahrscheinlichkeit gewonnen zu haben. Natürlich sind die experimentellen Unterlagen, nämlich die Bestimmungen des kritischen Radius, unter verschiedenen Bedingungen noch ergänzungsbedürftig. Die Zahl der ermittelten Grenzzahlen ist ja bisher gering, was insbesondere aus der Langwierigkeit der Messungen — z. B. ist jeder Punkt der wiedergegebenen Kurven aus 10 Einzelbeobachtungen ermittelt — zu verstehen ist. Vielleicht wird die von Herrn Bär benutzte Methode der Beobachtung eines Teilchens unter zwei Drucken auch für die weitere Bearbeitung der

¹⁰⁾ K. Wolter, Dissert. Berlin 1921, Z. S. f. Phys. 6, 339, 1921.

¹¹⁾ Die Vermutung, daß dies bei der Wolterschen Arbeit herauskommen müßte, hat Rubens ausgesprochen, als ich ihm den Plan zu der Arbeit mitteilte.

¹²⁾ Anders bei niederen Drucken unterhalb einer Atmosphäre. Vgl. darüber R. Bär, l. c. und früher Edgar Meyer und W. Gerlach, Elster und Geitel, Festschrift 196, 1915.

¹³⁾ M. König, Dissert. Stuttgart 1922, Z. S. f. Phys. 11, 253, 1922.

¹⁴⁾ Die Trocknung geschah sehr sorgfältig durch langes Stehenlassen der Gase über P_2O_5 .

¹⁵⁾ In Kohlensäure verlieren natürlich die Radienangaben unterhalb $r = 2,1 \cdot 10^{-5}$ cm ihren Sinn (vgl. Seite 18).

vorliegenden Frage von Nutzen sein. Vielleicht werden eingehendere Messungen in verschiedenen Gasen und bei verschiedenem Teilchenmaterial nähere Aufschlüsse über den Aufbau der adsorbierten Gasschicht ergeben. Das wäre wünschenswert, denn die theoretischen Grundlagen über die

bei elektrisch zerstäubten Teilchen. Die flockige Struktur ist in ihrem Einflusse auf die Dichte natürlich nicht an eine bestimmte Kleinheit der Teilchen gebunden wie die Gasschicht. Der kritische Radius, bei dem die Wirkung der Schicht bemerkbar wird, kann also unter Umständen

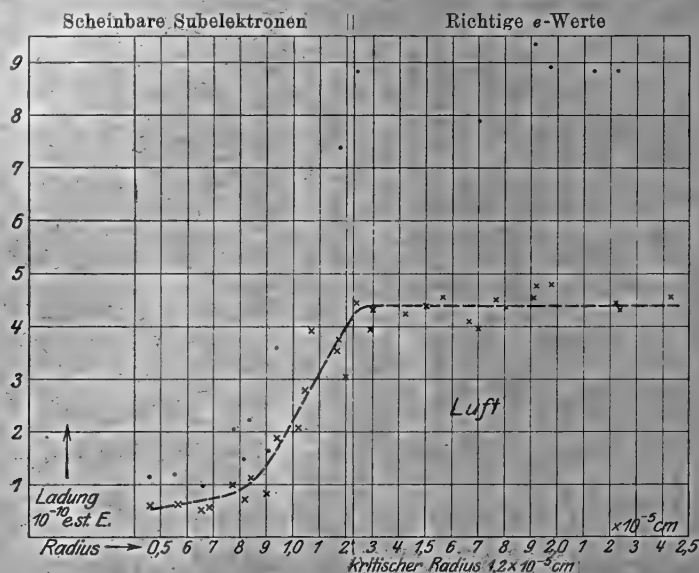


Fig. 1. Quecksilberteilchen in trockener Luft (nach M. König).

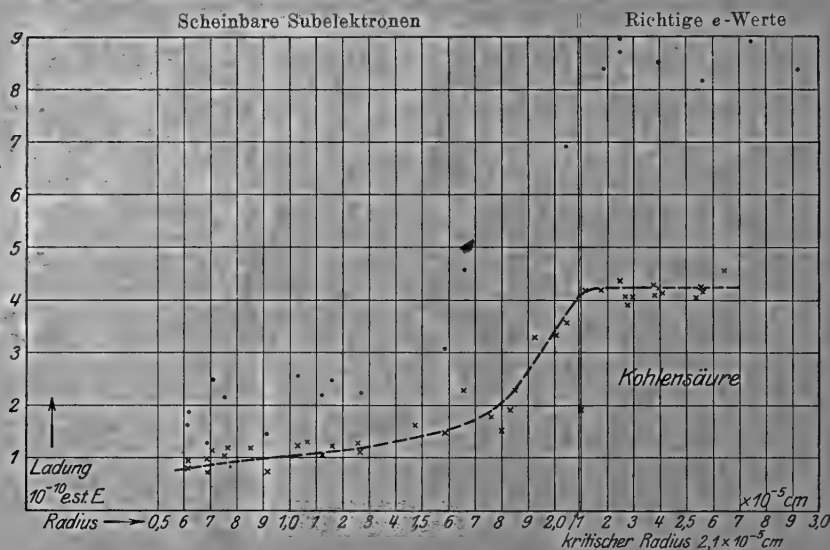


Fig. 2. Quecksilberteilchen in trockener Kohlensäure (nach M. König).

× Einfache Ladungen. • Doppelte Ladungen.

Fig. 1 und 2. Zum Einfluß der Natur des Gases (Luft, Kohlensäure) auf die Dicke der von den Nebelteilchen (Quecksilber) adsorbierten Gashaut und damit auf den kritischen Teilchenradius, bei dem die Vortäuschung einer Unterschreitung der elektrischen Elementarladung, d. h. die Vortäuschung von Subelektronen beginnt.

Adsorptionsschichten überhaupt sind noch wenig geklärt¹⁰⁾.

Neben der Gasschicht können, wie eingangs erwähnt, in geeigneten Fällen noch andere Ursachen da sein, welche die Dichte der Teilchen herabsetzen, so insbesondere die flockige Struktur

durch die flockige Struktur der Teilchen verdeckt werden. Man kann deswegen auch nicht erwarten, daß oberhalb des kritischen Radius immer richtige Ladungswerte herauskommen. Wie stark im einzelnen Falle die flockige Struktur ausgebildet ist, wird von den Herstellungsbedingungen abhängen, läßt sich aber sehr schwer übersehen. In manchen Fällen, wie z. B. bei Gold, erhält man auch bei zerstäubten größeren Teilchen noch einigermaßen zufriedenstellende e -Werte. So ergeben die elf

¹⁰⁾ Vgl. H. Freundlich, Kapillarchemie, 2. Aufl., S. 139 u. f. 1922.

größten, oberhalb des kritischen Radius liegenden Teilchen, die Herr *Radel*¹⁷⁾ beobachtet hat, Ladungswerte zwischen 4,14 und 4,98, im Mittel zu $4,67 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. Bei diesen Teilchen muß also die Zerflockung der Teilchen nur geringfügig sein, da die angegebenen Werte mit der normalen Dichte des Goldes berechnet worden sind. Unterhalb des kritischen Radius finden sich aber infolge des starken Einflusses der Gasschicht in derselben Beobachtungsreihe Ladungsunterschreitungen bis zu $0,44 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. Die Annahme von der flockigen Struktur der Teilchen und die Gashypothese stehen also zueinander nicht in Widerspruch, sondern ergänzen sich gegenseitig¹⁸⁾.

Der Nutzen des Nachweises der Wirkung der Gasschicht scheint mir noch darin zu liegen, daß viele Widersprüche in früheren Arbeiten über Ladungsbestimmungen nach *Stokes-Cunningham* an kleinen Teilchen ihre Aufklärung finden. Es muß ja in der Tat zu einer großen Verwirrung führen, wenn ein Beobachter oberhalb des kritischen Radius, d. h. in unserem Sinne mit einer Gasschicht von zu vernachlässigender Dicke arbeitet, der andere unterhalb dieses Punktes, d. h. mit einer Gasschicht, welche die Dichte des Teilchens in unkontrollierbarer Weise herabsetzt. Der eine wird natürlich Subelektronen finden, der andere nicht. An diesem Punkte wird man in Zukunft nicht mehr vorbeigehen können.

Über Fettansatz.

Von *Julius Bauer, Wien*¹⁾.

Das Problem des Fettansatzes beansprucht von verschiedenen Gesichtspunkten besonderes Interesse. Zunächst einmal bildet die Menge und Verteilung des subcutanen Fettpolsters ein *Hauptmerkmal der äußeren Körperform, des sog. Habitus*. Sie verleiht einem Individuum auf den ersten Blick ein bestimmtes Gepräge und gestattet an sich schon, ohne weitere Untersuchung, einen gewissen Einblick in die Körperverrfassung des betreffenden Menschen. Unsere Beurteilung der Persönlichkeit, die Abschätzung der diagnostischen Möglichkeiten erhält durch die Beachtung des dem Individuum eigenen Fettansatzes eine ganz bestimmte Richtung. Die die Individualität so stark beeinflussende Konstellation des endokrinen Systems, die quantitative Anordnung im Zusammenspiel der Drüsen mit innerer Sekretion erfährt schon durch die Art des Fettansatzes eine gewisse Beleuchtung.

Zweitens verdient das Problem des Fettansatzes ein eminentes theoretisch-biologisches Interesse. Das *Ineingreifen von Besonder-*

heiten des allgemeinen Stoffwechsels, des Blutdrüsenapparates, der nervös-trophischen Regulationsmechanismen und von autochthonen Besonderheiten der Fettzellen und der zu Fett sich umwandelnden Bindegewebszellen ist uns heute durchaus noch nicht klar genug, um eine abgeschlossene, einheitliche Darstellung dieser Verhältnisse zu gestatten. Wir werden an das Problem in der Weise heranzutreten versuchen, daß wir prüfen, wie und auf welche Weise Fettansatz überhaupt zustande kommt und unter welchen uns bekannten Bedingungen er in seiner Quantität, Qualität und Lokalisation von der Norm abweicht.

Unter normalen Verhältnissen bildet sich das Depotfett des Körpers nur zum Teil aus dem mit der Nahrung aufgenommenen Fett, ein zweiter Teil entsteht aus Kohlehydraten.

Jede Tierspezies hat nun gewissermaßen ihr *arteigenes Fett* von für ein bestimmtes Alter annähernd konstantem Schmelzpunkt. Unter gewissen Bedingungen gelingt es allerdings, artfremdes Fett im Organismus zum Ansatz zu bringen. Das zeigen ja die berühmten Versuche von *Lebedeff* und von *Munk*, welche bei Hunden Hammeltalg oder Rüböl zur Anlagerung brachten, Fette, deren Schmelzpunkt von jenem des Hundefettes beträchtlich abweicht. Auch jodiertes und bromiertes Fett kann, wenn es in größeren Mengen verfüttert wird, in die Depots eingehen. Allerdings nur in diese, in die Reservespeicher, nicht aber in das spezielle, eigentliche „Zellfett“, dessen Schmelzpunkt bei den verschiedensten Fütterungsversuchen stets gleich, das also stets artigen bleibt (*Abderhalden* und *Brahm*).

Die *Beschaffenheit des Fettes* ist nicht nur vom Nahrungsmaterial, sondern auch vom Lebensalter abhängig. Beim Neugeborenen enthält das Fett weniger ungesättigte Fettsäuren (Ölsäure), dementsprechend ist auch sein Schmelzpunkt höher, seine Konsistenz fester, seine Farbe heller als beim Erwachsenen. Auch das aus Kohlehydraten sich bildende Fett ist ölsäurearm, hat höheren Schmelzpunkt und größere Festigkeit. *G. Rosenfeld* hat darauf hingewiesen, daß für die verschiedenen Formen der Mastfettsucht auch verschiedene *Lokalisationen des Fettpolsters* charakteristisch seien. Kohlehydratmast soll zu ziemlich gleichmäßigem Fettansatz im Gesicht, an Armen, Beinen und Bauch führen; Fettmast bevorzuge Bauch und Gesäß, während die fettleibigen Alkoholiker ein fettes Gesicht und fetten Bauch, dagegen magere Beine haben sollen. Beim Diabetiker kontrastiere das magere Gesicht mit dem fetten Bauch. Das Fett derselben Gewebsart, z. B. das Fett des Panniculus adiposus hat man bei demselben Individuum zu der gleichen Zeit an verschiedenen Körperstellen ziemlich gleich gefunden, dagegen ist es ebenso wie das Fett des Nierenlagers viel fester als etwa das Fett des Netzes.

Wie gestaltet sich denn überhaupt die nor-

¹⁷⁾ *E. Radel*, Z. S. f. Phys. 3, 80, 1920.

¹⁸⁾ Vgl. dazu *R. Bür*, Ann. d. Phys. (4), 67, 194, 1922.

¹⁾ Auf Wunsch der Schriftleitung gelangt der in der Klinischen Wochenschrift 1922 Nr. 40 (vgl. hier auch Literatur) erschienene gleichnamige Aufsatz in verkürzter Form hier zum Abdruck.

male Fettverteilung? Das subcutane Fett, welches sich wohl erst in der zweiten Hälfte des Embryonallebens entwickelt, ist beim Säugling und Kleinkind ziemlich gleichmäßig verteilt. Einzelne, fettarme Partien sind durch Furchen und Grübchen gekennzeichnet. Schon alten Autoren war es bekannt, daß in den ersten Lebensjahren Fettansatz hauptsächlich in der Peripherie, in der Subcutis erfolgt, und erst nach Abschluß des Wachstums mehr eine intraabdominale Ablagerung stattfindet. Eine besondere Bedeutung kommt im Säuglingsalter dem sogenannten Wangenpolster oder Wangenfettpfropf zu, da es offenbar eine gewisse funktionelle Rolle beim Saugakt erfüllt, indem es die Wangen gegenüber dem inspiratorischen Zug widerstandsfähiger macht. Dieser Aufgabe entsprechend ist der Wangenfettpfropf auch ölsäurärmer und daher fester als das übrige Hautfett. Er kann unter pathologischen Verhältnissen mehr oder minder isoliert schwinden oder isoliert erhalten bleiben. Offenbar sind es funktionelle Momente, welche die Fettfreiheit gewisser Hautpartien bedingen, so an den Augenlidern, der Stirn, der Ohrmuschel, am Penis. Die gleichmäßige Verteilung des subcutanen Fettpolsters bleibt auch während der sogenannten ersten Streckperiode bestehen, in welcher bei dem raschen Längenwachstum der Kinder die Quantität des Fettpolsters ganz allgemein zurücktritt.

Vor der Pubertät pflegt sich dann schon eine gewisse *geschlechtliche Differenzierung* bemerkbar zu machen. Das Fettpolster nimmt bei Mädchen einerseits im Bereiche der Brustdrüsen, andererseits an den Hüften stärker zu. In der Zeit nach der Pubertät kommt der charakteristischen Anordnung des Panniculus adiposus die Bedeutung eines ausgesprochenen Geschlechtsmerkmals zu. Im allgemeinen zeigt er beim Weibe eine stärkere Ausbildung, eine größere quantitative und formale Variabilität, sowohl was die Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen als auch was den zeitlichen Wandel bei ein und demselben Individuum anlangt.

Ich habe seinerzeit vier Haupttypen der *Fettlokalisation beim erwachsenen Weibe* unterschieden. Bei dem ersten, der durch die überwiegende Mehrzahl aller Frauen repräsentiert wird, findet man den hauptsächlichsten Fettansatz an den Darmbeinkämmen und Lenden, in der Unterbauchgegend und am Gesäß („*Rubens-Typus*“), bei einem zweiten sehen wir den vorzugsweisen oder sogar alleinigen Fettansatz in der Gegend der Trochanteren — ich habe ihn als „*Reithosentypus*“ bezeichnet —, ferner gibt es eine dritte Gruppe von Frauen mit der Fettlokalisation an Armen, Hals und Nacken, an Brüsten und Rücken bei schlanker, relativ fettarmer unterer Körperhälfte, und schließlich begegnen wir einem Typus mit oft gewaltigen Fettmassen an Ober- und Unterschenkeln, die knapp oberhalb des Fußgelenkes eine Art *supramalleolären Fettkragen*

bilden und mit der relativen Fettarmut des Stammes, Halses und der oberen Extremitäten kontrastieren. Das Maßgebende für diese Gruppierung ist lediglich die Lokalisation des Fettpolsters, nicht dessen Stärke.

Es gibt noch gewisse Spezialtypen der Fettlokalisation beim Weibe, so den *Subtypus mammalis*, wie sich *Günther* ausdrückt, bei welchem ausschließlich das Mammafett unverhältnismäßig stark entwickelt ist, den *Subtypus pugalis* (*Steatopygie, Fettsteiß*), der bei gewissen Negerrassen, wie vor allem Hottentotten, Buschmännern, Korannas u. a. ein Rassenmerkmal darstellt, und einen Typus, den man als *Subtypus facialis* bezeichnen könnte, weil hier Gesicht, Kinn und Hals mehr oder minder elektiv beteiligt sind. Selbstverständlich sind scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Formen nicht zu ziehen und Übergangsfälle häufiger als die reinen Formen.

Die Quantität des Fettpolsters ist gerade bei der Frau im Laufe des Lebens ungeheuer wandelbar und erweist sich ganz auffallend abhängig von den Phasen des Geschlechtslebens. Pubertät, Beginn des regelmäßigen Geschlechtsverkehrs, Schwangerschaft, Klimakterium sind die Phasen, welche häufig, aber durchaus nicht regelmäßig den Anstoß zu vermehrtem Fettansatz geben. Wir werden auf diese Dinge noch zurückkommen, ich möchte aber hier besonders auf die gelegentlich sehr rasch einsetzende, ganz beträchtliche Zunahme des Fettpolsters in der Hüft- und Gesäßgegend bei Frauen hinweisen, deren Geschlechtsleben lediglich durch die Ausübung eines regelmäßigen Verkehrs eine Änderung erfahren hat.

Besteht beim weiblichen Geschlecht im allgemeinen eine Prädisposition der unteren Körperpartien zum Fettansatz, so neigt das männliche eher zu einer Bevorzugung der oberen Körperhälfte, Gesicht, Hals, Supraclaviculargruben und ganz besonders Nacken; die durch das Fettpolster, wahrscheinlich aber auch durch hyperplastische Speicheldrüsen (*Sprinzels*) vorgedrückten Ohr läppchen scheinen speziell den männlichen Fettleibigen zu kennzeichnen (vgl. *Bauer*). Selbst der männliche Fettbauch ist bei sonst normalen Individuen mit noch voll funktionsfähigen Keimdrüsen nicht durch eine so starke Präponderanz der Unterbauch- und suprapubischen Region gekennzeichnet, wie wir sie besonders bei fettleibigen Frauen sehen. Der *Reithosentypus* und der oben als vierter weiblicher Typus angeführte elektive Fettansatz an den unteren Extremitäten ist mir bei normalen Männern nie vorgekommen, andererseits dürfte der sogenannte *Madelungsche Fetthals*, die lipomatösen Wucherungen im Nacken, bei Frauen kaum je angetroffen werden.

Ganz anders ist es nun, wenn die *innersekretorische Keimdrüsenfunktion* ausfällt, sei es, daß sie von Haus aus oder von früher Kindheit an gefehlt hat oder mangelhaft war (*Eunuchoidismus*, *Frühkastration*) oder daß sie im Laufe des Lebens vorzeitig (*Kastration*) oder infolge

seniler Involution fortfällt. Ein Großteil dieser *Hypogenitalen* wird fett, ob es sich nun um Frauen oder um Männer handelt. Während aber die Verteilung des subcutanen Fettpolsters bei der hypogenitalen Frau keine Abweichung von der normalen darbietet und nur die Quantitätszunahme das charakteristische Merkmal darstellt, zeigen hypogenitale Männer ganz unabhängig von der Quantität ihres subcutanen Fettes eine sehr charakteristische Lokalisation ihres Fettpolsters. An Hüften, Unterbauch und Mammae sammelt sich das Fett an, Oberschenkel und Oberarme gewinnen durch den Fettansatz die runderen Formen des Weibes. Wir nennen diesen Verteilungstypus des subcutanen Fettes den *eunuchoiden*, können ihn aber, da er nur für den männlichen Hypogenitalen charakteristisch ist und dem normalen weiblichen entspricht, auch als *feminin* bezeichnen. Es ergibt sich daraus die interessante Schlußfolgerung, daß eigentlich *nur der männliche Verteilungstypus des subcutanen Fettpolsters als sekundäres oder akzidentelles Geschlechtsmerkmal anzusehen ist, da nur er sich von der Funktion der Keimdrüse abhängig erweist. Der weibliche Lokalisationstypus ist von der Gegenwart und Funktion der Ovarien unabhängig, er ist demnach kein Geschlechtsmerkmal, sondern das undifferenzierte, ursprüngliche Speziesmerkmal.* Der eunuchoid-feminine Fettansatz kann bei alten, etwas fettleibigen Männern mit atrophischen Hoden in sehr ausgeprägter Weise zum Ausdruck kommen. Mächtige Fettschürzen, die vom Unterbauch über die Symphyse und das Genitale hinabhängen, das in die symphysären Fettmassen eingesunkene und dadurch auch rein äußerlich schon als klein imponierende äußere Genitale, Gynäkomastie und die dem Funktionsausfall der Keimdrüsen entsprechende mangelnde Stammbehaarung geben diesen Menschen ein charakteristisches Gepräge.

Unter welchen Umständen kommt es nun zu pathologischen Abweichungen vom normalen Fettansatz? Da müssen wir uns vor allem vor Augen halten, daß eine Grenze zwischen normaler und pathologischer Fettansammlung sowohl hinsichtlich der Quantität als hinsichtlich der Lokalisation oft schwer zu ziehen ist. Als Maßstab kommen das Körpergewicht (bezogen auf die Körpergröße) sowie insbesondere die nach dem Oederschen Verfahren direkt meßbare Dicke der subcutanen Fettschicht in Betracht.

Mit Günther können wir zweierlei Formen krankhaft gesteigerten Fettansatzes unterscheiden: Die über die Norm gehende, gleichmäßige, allgemeine Zunahme des Körperfettes nennen wir *Adipositas*, die auf bestimmte Teile des Körpers beschränkte, pathologische Anhäufung von Fett *Lipomatosis*.

Eine *Adipositas* oder Fettsucht kann selbstverständlich immer nur durch Überernährung zustande kommen. Wird der hauptsächlich von

Größe, Gewicht und Oberfläche des Körpers, von Arbeitsleistung und Wärmeabgabe abhängige Nahrungsbedarf überschritten, so wird ein Großteil des Überschusses an Nahrungsmaterial als Glykogen und vor allem als Fett gespeichert, die Bedingungen für die Entwicklung der Fettsucht sind gegeben. Wann tritt nun eine Überernährung ein? Bekanntlich schwankt der individuelle Nahrungsbedarf in recht weiten Grenzen. Zwischen 22 und 60 Calorien pro Kilogramm Körpergewicht und Tag bewegen sich die Werte, je nachdem der Organismus sich in vollkommener Ruhe, d. i. im Schlaf befindet oder aber schwere körperliche Arbeit leistet. Welch große Wirkungen in bezug auf den Fettansatz *ceteris paribus* schon recht geringfügige Änderungen der Lebensweise im Laufe der Zeit mit sich bringen müssen, hat v. Noorden anschaulich dargelegt.

Angesichts dieser Überlegungen und der alltäglichen Beobachtung, daß die Mehrzahl der Menschen jahrelang ihr konstantes Körpergewicht beibehält, ohne sich um den Calorienwert ihrer Nahrung und um das Maß ihrer Arbeitsleistung zu kümmern, muß die Präzision des Regulationsmechanismus unsere volle Bewunderung erregen, der ohne unser bewußtes Zutun dieses staunenswerte Gleichgewicht in der Bilanz aufrechterhält. Dieser Regulationsmechanismus setzt sich hauptsächlich aus zwei Sicherungsvorrichtungen zusammen: aus gewissen, die Nahrungsaufnahme und die Arbeitsleistung automatisch regulierenden sogenannten Gemeingefühlen und aus einer durch die normale Schilddrüsenfunktion gewährleisteten Akkomodationsbreite der Verbrennungsgröße.

Was die erste Sicherungsvorrichtung anlangt, so hat insbesondere Umber auf die Bedeutung der *Dysorexie*, wie er das dem Bedarf nicht angepaßte Hungergefühl nannte, für die Genese der Fettsucht hingewiesen.

Der Grad des Hungergefühls, das Maß von Appetit, welches die Energiezufuhr automatisch bestimmt, ist unter normalen Verhältnissen dem Bedürfnis des Organismus in überraschender Weise angepaßt. Erinnern wir uns nur des kaum zu befriedigenden Appetits rasch wachsender, lebhafter Kinder oder des automatisch sinkenden Nahrungsbedürfnisses lange Zeit bettlägeriger Individuen. Aber auch die Energieausgabe wird durch Gemeingefühle dirigiert. Ermüdungsgefühl und Ruhebedürfnis auf der einen Seite, das Gefühl der kraftvollen Vitalität, des Bewegungs- und Betätigungsdranges, einer gewissermaßen hypertonten Einstellung des Organismus sind Gemeingefühle, welche das Ausmaß der Arbeitsleistung unabhängig von unserem Willen mitbestimmen. Gemeingefühle sind eine phylogenetisch späte Erwerbung, sie sind als Summe verschiedener Empfindungen in hohem Grade von psychischen Einflüssen, von Affekten und Stimmungen und damit auch vom individuellen Temperament, mit diesem aber auch von gewissen endokrinen Einflüssen (vgl. Biedl) abhängig. Es ist daher nur selbst-

verständlich, daß sich Störungen dieser für den geordneten Betrieb des Organismus so wichtigen Sicherungsfaktoren so häufig im Rahmen funktioneller Neurosen vorfinden. Abnorm gesteigertes, nicht adäquat ausgelöstes Ermüdungsgefühl und Anorexie sind, wie ich kürzlich an anderer Stelle ausgeführt habe, die häufigsten Begleiterscheinungen der Psychoneurosen.

Für die Pathogenese der Fettsucht ist das übermäßige Hungergefühl von Belang, das, wie *Umber* hervorhebt, von stark essenden Eltern den Kindern schon frühzeitig anezogen wird und so durch Familiengewohnheit und Beispiel auf die Deszendenz übergehen, das aber auch schon in der Anlage gegeben, konstitutionell sein kann. Der nervös-psychische, übrigens ja gleichfalls vom Blutdrüsenapparat mitabhängige Sicherungsmechanismus der Gemeingefühle ist gerichtet auf die Regulation der Nahrungszufuhr und Energieabgabe (vgl. auch *Falta*).

Der endokrine Sicherungsmechanismus gewährt dem Organismus die Möglichkeit, bei übermäßiger oder unzureichender Nahrungszufuhr die Verbrennungsprozesse bis zu einem gewissen Grade anzupassen, sie nach Bedarf zu steigern oder zu drosseln, um sich dadurch von Gewichtsschwankungen zu bewahren. *Grafe* und seine Mitarbeiter konnten zeigen, daß der tierische wie der menschliche Organismus die Fähigkeit besitzt, durch eine starke Steigerung der Verbrennungen bei Überernährung einer übermäßigen Fettansammlung entgegenzuarbeiten. *Grafe* und *Eckstein* konnten weiter feststellen, daß diese Fähigkeit an die Schilddrüsenfunktion geknüpft ist. Bei fehlender Schilddrüsenfunktion bleibt diese Anpassung des Energieumsatzes an habituelle Überernährung, also die Luxuskonsumption aus; es kommt zu einem weit rascheren übermäßigen Fettsatz. Den Ovarien scheint hierbei nach *Grafes* Versuchen der Schilddrüse gegenüber nur eine ganz untergeordnete Bedeutung zuzukommen. Es ist demnach leicht einzusehen, daß eine Mastfettsucht bei einem Individuum mit relativ herabgesetzter, wenn auch noch innerhalb physiologischer Grenzen sich bewogender Schilddrüsenfunktion viel leichter zustandekommen kann als etwa bei einem Individuum mit besonders lebhafter Schilddrüsentätigkeit. Die Anpassungsfähigkeit an Überernährung ist also in erster Linie von dem individuell verschiedenen Funktionszustand der Thyreoidea abhängig. Auf der anderen Seite haben *Löwy* und *Zuntz* feststellen können, daß unter dem Einfluß der Kriegskosten der Energieumsatz stärker gesunken war, als der Gewichtsabnahme entsprach, d. h. also, daß sich der Organismus an die zu geringe Nahrungsmenge bis zu einem gewissen Grade angepaßt, seine Verbrennungen gedrosselt hat.

Der Begriff der zur Fettleibigkeit führenden Überernährung bedarf nun noch einer Erläuterung. Er bleibt auch unter Berücksichtigung der das Maß des Nahrungsbedarfes bestimmenden,

oben bereits angeführten Faktoren und unter Berücksichtigung der eben besprochenen, endokrin bedingten Anpassungsfähigkeit ein *relativer*. Zwei gleich große und gleich schwere Menschen mit der gleichen Körperoberfläche, vom gleichen Alter, die das gleich große Maß an Arbeit leisten, müssen keineswegs den gleichen Energieumsatz haben.

Es wäre geradezu eine überraschende Ausnahme, wenn das individuelle Merkmal des Energieumsatzes nicht wie alle anderen individuellen Merkmale und Eigenschaften um einen Mittelwert der Spezies herum variieren würde, wenn keine Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen bestünden. Man hat denn in der Tat derartige individuelle Unterschiede feststellen können (*v. Noorden*, *v. Bergmann*, *Umber* u. a.), deren Bedeutung und Konsequenzen insbesondere *v. Noorden* in anschaulicher Weise dargelegt hat.

Die übrigens vom Kindes- bis zum Greisenalter ständig abnehmende Umsatzgröße, diese Herabsetzung der Oxydationen, diese Trägheit des Stoffwechsels kann natürlich nur die Bedeutung haben, daß der Nutzeffekt der Arbeitsmaschine größer wird, d. h. der bei der Arbeitsleistung in Wärme übergehende Anteil der Energie abnimmt. Es gibt also Fälle von Fettsucht, für welche das für den Durchschnitt der Menschen normale Maß an Nahrung schon eine Überernährung bedeutet, es gibt Fälle von Fettsucht durch Stoffwechselverlangsamung, durch *Bradytrophie* (*Bouchard*), indem „die Gewichtseinheit Protoplasma unter den gleichen äußeren Lebensbedingungen weniger Stoff verbrennt und Energie verzehrt als beim Durchschnittsmenschen“ (*v. Noorden*). Selbstverständlich bedeutet diese *Bradytrophie* allein noch nicht Fettsucht, sie ist aber ein schwerwiegendes dispositionelles Moment, welches *ceteris paribus* zur Fettsucht führt.

Die Größe des individuellen Energieumsatzes ist nun in weitgehendem Maße vom Zustande des *endokrinen Apparates* abhängig. Seit den Untersuchungen von *Magnus-Levy*, *v. Bergmann* u. a. ist es eine gesicherte Tatsache, daß *mangelhafte Schilddrüsentätigkeit* den Energiebedarf und -verbrauch herabsetzt, erhöhte Schilddrüsenfunktion ihn steigert.

In letzter Zeit hat man ja in Amerika die Bestimmung des Grundumsatzes geradezu als Funktionsprüfung der Schilddrüse in Anwendung gezogen. *v. Noorden* hat sich auch auf Grund dieser Tatsache auf den ursprünglich von *Hertoghe*, *Lorand* u. a. vertretenen Standpunkt der thyreogenen Natur der endogenen Fettsucht gestellt. Die neben der „Mastfettsucht“ und neben der „Faulheitsfettsucht“ zu Recht bestehende endogene Fettleibigkeit wäre die Folge der herabgesetzten Blasebalgwirkung der Schilddrüse auf den Stoffwechsel. Die Hypofunktion der Schilddrüse könnte, wie dies etwa *Hertoghe* als charakteristisch für seine „Hypothyreoidie bénigne“ annimmt, quantitativ und qualitativ zu gering sein,

um Myxödem zu erzeugen, groß genug aber, um durch Verringerung der Verbrennungsprozesse einer Fettleibigkeit Vorschub zu leisten. Oft genug sieht man ja tatsächlich bei Fettleibigkeit allerhand Züge von Hypothyreoidismus bis zum ausgesprochenen Myxödem. Eine strenge Scheidung von der Mastfettsucht ist auf Grund der oben erwähnten Feststellung *Grafes* und *Ecksteins* wohl nicht durchführbar. Die prompte Steigerung des Grundumsatzes auf Thyreoidea-verabreichung wird man als unerläßliches Kriterium der thyreogenen Fettsucht hinstellen dürfen, wenngleich sie keineswegs einen thyreogenen Ursprung des Zustandes beweist. Ob die Funktionschwäche der Schilddrüse eine durch Erkrankungsprozesse infektiöser oder toxischer Natur erworbene oder ob sie in der Erbanlage gegeben, also konstitutioneller Natur ist, erscheint für die Pathogenese der thyreogenen endogenen Fettsucht irrelevant. Wesentlich häufiger dürfte allerdings mit Rücksicht auf die ausgesprochene Erbllichkeit der endogenen Fettleibigkeit die konstitutionelle Form vorkommen.

Ursprünglich war man geneigt, auch für die anderen Formen endokrin bedingter Fettsucht, vor allem für die *hypogenitale* und *hypopituitäre*, eine korrelative Beeinflussung der Schilddrüsenfunktion anzunehmen. Zweifellos ist jedenfalls, daß Ausfall oder Herabsetzung der innersekretorischen Keimdrüsen- und der Hypophysenfunktion zu Herabsetzung des Energieumsatzes führen kann.

A. Löwy und Kaminer fanden bei einem Manne, der infolge einer Schußverletzung seine Hoden verloren hatte und den charakteristischen eunuchoiden Fettansatz bekam, eine Herabsetzung des Grundumsatzes, den sie durch Organtherapie wieder steigern konnten. Gewisse Fälle von Fettsucht sind dem Thyreoidin gegenüber refraktär, reagieren aber prompt auf Ovarialtabletten (*Biedl*). Bei hypophyseopriven Hunden ist die Stoffwechselherabsetzung sicher erwiesen (*Aschner* und *Porjes*) und auch einzelne Fälle menschlicher Fettsucht, die auf eine hypophysäre Insuffizienz zu beziehen sind, zeigen diese Herabsetzung. Ganz besonders interessant ist aber die jüngste Mitteilung von *Kestner*, der zufolge gewisse Fälle von Fettsucht dem Thyreoidin gegenüber refraktär sind, während Vorderlappenextrakt der Hypophyse ihren Grundumsatz deutlich erhöht. Es wäre dies also nicht nur differential-diagnostisch, sondern auch therapeutisch bedeutsam.

Auch andere als die genannten Blutdrüsen sollen mit der Fettsucht in Beziehung stehen können, so das *Pankreas*, die *Nebennieren*, der *Thymus* und die *Zirbeldrüse*. Verstärkte Pankreasfunktion könnte eine stärkere Hemmung der Schilddrüsentätigkeit ausüben (*v. Noorden*) oder aber direkt die Assimilation größerer Nahrungsmengen begünstigen (*Falta*). Die mit Fettleibigkeit und Hypertrichose einhergehenden Nebennierenrindentumoren bei Frauen sind be-

kannt. Das äußere Charakteristikum dieser Fälle ist wohl das Auftreten des als *Hirsutismus* (*Apert*) bezeichneten Behaarungstypus bei Frauen: Bart, Behaarung an der Brust, Linea alba, an den Extremitäten — kurz eine Imitation der virilen Terminalbehaarung. Über thymogene Fettsucht sind wir noch weniger unterrichtet. Nach künstlicher Hyperthymisation durch Implantation von Thymusdrüse fand *Demel* auffallenden Fettansatz bei jungen Ratten. Vollends zweifelhaft ist die Rolle der *Zirbeldrüse* bei der Entstehung der Fettsucht. *Biedl* konnte allerdings bei einem Falle von *Dementia praecox* mit hartnäckiger Magersucht durch Injektionen von Zirbeldrüsenextrakt Fettansatz von 16 kg erzielen. Die bei Kindern mit Zirbeldrüseneschwülsten und vorzeitiger Sexualentwicklung vorkommende Fettleibigkeit (*Marburg*) ist kaum die Folge einer veränderten Zirbeldrüsenfunktion, sondern viel eher die Folge des gesteigerten Hirndrucks, der Einwirkung des Hydrocephalus auf die Hypophyse oder aber — und damit kommen wir auf eine sehr wichtige, prinzipielle Frage zu sprechen — auf das *trophisch-vegetative Zentrum am Boden des III. Ventrikels*.

Dieses von *Karplus* und *Kreidl*, *Aschner*, *Camus* und *Roussy*, *Leschke* u. a. erforschte Zentrum der vegetativ-trophischen Innervation, von dem aus *Aschner* auch bei völlig intakter Hypophyse Genitaltrophie erzeugen konnte, kann, wie wir heute mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen und wie *Erdheim* noch vor der experimentellen Sicherstellung dieses Zentrums auf Grund pathologisch-anatomischer Erfahrungen postuliert hatte, der Ausgangspunkt einer Fettsucht werden.

Experimentelle Läsionen (*Bailey* und *Bremer*) oder Tumoren an der Hirnbasis, welche die Hypophyse intakt lassen und offenbar auch nicht durch einen Hydrocephalus schädigen (*Luce*) oder encephalitische Prozesse am Boden des III. Ventrikels (*Stiefler*), insbesondere in den Corpora mammillaria (*Max Meyer*), welche bei vollständig intakter Hypophyse die typischen Erscheinungen der *Dystrophia adiposo-genitalis* mit oder ohne Diabetes insipidus hervorrufen können, sind deshalb nicht beweisend für die zentral-nervöse Genese der Fettsucht, weil sie mit Genitalatrophie einhergehen und diese allein schon Fettsucht herbeiführen kann. Beweisend ist aber beispielsweise der von *v. Jaksch* als *Adipositas cerebialis* bezeichnete Fall, in welchem sich eine an Myxödem erinnernde, mächtige *Adipositas* bei einem Manne mit Syringomyelie entwickelt hatte, bei dem der anatomische und histologische Befund sowohl der Hypophyse wie der Hoden ein vollkommen normales Bild ergab. Andererseits kann zweifellos auch eine primäre hypophysäre Störung ohne den Umweg über die Keimdrüsen zur *Adipositas* führen, denn in einem von *Th. Bauer* und *Wassing* beschriebenen Falle hatte ein kleines basophiles Adenom des Hypophysenvorderlappens, welches

eine Druckwirkung auf die Hirnbasis gewiß nicht ausgeübt haben konnte, bei auch histologisch vollkommen normalem Genitale Adipositas verursacht.

Es ist auf Grund unseres heutigen Wissens gewiß am einleuchtendsten und am besten begründet, mit *Biedl* anzunehmen, daß Fettsucht entstehen kann, wenn 1. das das Stoffwechselzentrum an der Hirnbasis tonisierende Hormon der Pars intermedia — dieses ist wohl auch in den käuflichen Vorderlappenextrakten teilweise enthalten — entweder nicht oder nur mangelhaft gebildet oder wenn 2. das Sekret infolge krankhafter Prozesse, wie z. B. Druck von Geschwülsten auf den Hypophysenstiel nicht durch die normalen Abflußwege des Hinterlappens und Hypophysenstiels an das basale Hirnzentrum gelangen kann oder aber wenn 3. dieses basale Zentrum selbst pathologisch verändert ist. Eine Differenzierung dieser drei im Prinzip ja analogen Formen von Fettsucht ist natürlich schwer durchführbar, aber eigentlich auch von geringer Bedeutung. Daß in der Mehrzahl dieser Fälle von hypophysärer bzw. zerebraler Fettsucht die Keimdrüsen atrophieren und dann ihrerseits die Ausbildung der Fettsucht begünstigen, liegt an ihren korrelativen Beziehungen zur Hypophyse bzw. an den ihnen von dem basalen Nervenzentrum zufließenden trophischen Impulsen. Ob die primär zerebrale Fettsucht mit Herabsetzung des Grundumsatzes einhergeht, ist allerdings nicht bekannt.

Eine Frage, die sich gleichfalls bisher nicht mit Sicherheit beantworten läßt, ist die, ob die nicht genitale, sondern ausschließlich hypophysäre oder zerebrale Adipositas den gleichen charakteristischen Verteilungstypus des subcutanen Fettpolsters aufweist wie die primär genitale, d. h. also ob der in der Lokalisation des Hautfettes zum Ausdruck kommende männliche Geschlechtscharakter auch bei intakter Keimdrüsenfunktion von der Hypophyse oder dem trophischen Hirnzentrum aus verlorengehen kann.

Wenn die *thyreogene Fettsucht* immer mit Herabsetzung des Energieumsatzes einhergeht, die *hypophysäre bzw. hypopituitäre und die hypogenitale Fettsucht* jedenfalls gelegentlich das gleiche Verhalten zeigen, wissen wir über die anderen endokrinen und über den zerebralen Typus der Adipositas diesbezüglich nichts Bestimmtes. Dagegen scheint eine Herabsetzung des Stoffwechsels auch in solchen Fällen endogener konstitutioneller Fettsucht vorzukommen, in welchen keinerlei sonstige Anhaltspunkte für die Beteiligung des Blutdrüsensystems, insbesondere mangels einer Ansprechbarkeit auf Thyreoidin für die Beteiligung der Schilddrüse vorliegen und in welchen vielleicht eine primäre autochthone und generelle Anomalie der oxydativen Zellfunktionen besteht (ein Fall von *Grafe*).

Die Herabsetzung des Energieumsatzes bedeutet, wie wir schon oben sagten, noch keineswegs Fettsucht, sondern lediglich die endogene Disposition zu einer solchen. So wenig nun in

allen Fällen der Wegfall der Keimdrüsenfunktion den Energieumsatz drückt — offenbar ist hierfür der Funktionszustand der Schilddrüse maßgebend —, so wenig finden wir in allen Fällen von Hypogonitalismus Fettsucht. Kastraten und Eunuchoiden können den sogenannten *eunuchoiden Fettwuchs*, oder den *eunuchoiden Hochwuchs* repräsentieren (*Tandler* und *Groß*). Die Gesamtkonstitution des Individuums, seine in der Erbanlage festgelegte Reaktionsweise, vor allem aber seine persönliche Blutdrüsenformel sind maßgebend für die im Gefolge des Keimdrüsenausfalls sich einstellenden Veränderungen.

So beschreibt *Kisch* einen 16jährigen ungewöhnlich großen und starken Knaben (1,76 cm hoch gegenüber 1,59 cm der Norm) mit typisch eunuchoidem Fettwuchs (121 kg gegenüber 49,67 kg der Norm). Beide Eltern und eine ganze Reihe Familienangehöriger sind fettleibig, allerdings nicht infolge von Hypogonitalismus. Sehr instruktiv sind zwei eigene Beobachtungen, die ich gelegentlich an anderer Stelle mitgeteilt habe. Eine junge Frau suchte die Poliklinik auf, um sich wegen ihrer rasch progredienten Fettleibigkeit Rat zu holen. Trotz äußerst mäßiger Lebensweise wiegt sie nahezu schon an die 100 kg, und zwar hat sich diese Fettsucht im Anschluß an die Entfernung beider eystisch degenerierten Ovarien zu entwickeln begonnen. Die Mutter dieser etwa 30jährigen Frau steht im Alter von etwa 50 Jahren, hat vor Jahren die gleiche Operation wie ihre Tochter mitgemacht und ist damals ganz ebenso fettleibig geworden wie ihre Tochter. Die gleichzeitige Betrachtung von Mutter und Tochter ergibt eine geradezu verblüffende Ähnlichkeit im Habitus und eine vollkommen übereinstimmende Lokalisation des mächtigen subcutanen Fettpolsters. Irgendwelche sonstigen Ausfallerscheinungen, abgesehen natürlich von der Amenorrhöe, waren weder bei der Tochter noch bei der Mutter aufgetreten.

Zur gleichen Zeit sah ich eine 30jährige Dame, der im Alter von 13 Jahren das eine Ovar wegen einer Dermoidcyste, im Alter von 26 Jahren das andere aus dem gleichen Grunde operativ entfernt worden war. Sie ist ein außerordentlich zartes, graciles, mageres und blasses Geschöpf, hat seit der zweiten Operation erheblich an Gewicht abgenommen, indem das Körpergewicht von 56 auf 44 kg gesunken war, und klagt über hochgradige Nervosität, Schwächegefühl, hartnäckige Kopfschmerzen, Herzklopfen, Schlaflosigkeit, psychische Depression und dyspeptische Beschwerden. Ihre Mutter hat vor Jahren wegen Myomatosis uteri eine Totalexstirpation der Gebärmutter durchgemacht, bei welcher Gelegenheit auch Cysten der Ovarien gefunden und operativ entfernt wurden. Die Mutter ist eine schlanke, magere Dame.

Nun gibt es, wie wir früher schon gesagt haben, genügend Fälle endogener Fettleibigkeit, in welchen eine Herabsetzung des Energieumsatzes nicht nachzuweisen ist, und tatsächlich müssen

wir uns vor Augen halten, daß das Problem des pathologischen Fettansatzes mit der ausschließlich energetisch-kalorischen Betrachtungsweise nicht erschöpft ist. Neben der allgemeinen Stoffwechselstörung spielen noch andere Momente gewichtig mit. Zunächst einmal haben schon Grafe und neuerdings Zondek auf eine sonderbare Anomalie des Wasserhaushaltes bei vielen Fettleibigen hingewiesen. Diese Individuen haben nämlich ein ganz abnormes Wasserretentionsvermögen, sie behalten z. B. auch bei scharfer Reduktion der Nahrungsmenge ihr Gewicht durch längere Zeit bei, indem sie nicht nur das Gewebswasser des eingeschmolzenen Gewebes, sondern auch Wasser aus der Nahrung retinieren, im geraden Gegensatz zum Normalen, bei welchem im Zustande höhergradiger Unterernährung die Gewichtsabnahme den Verlust an Trockensubstanz gewöhnlich bedeutend übersteigt. Das Fettgewebe selbst wird dann wasserreicher und der Volhardsche Wasserversuch verläuft trotz normaler Nierentätigkeit ganz abnorm mit verzögerter Ausscheidung und mangelhafter Verdünnung des Harns. Diese Beobachtung Zondeks kann ich bestätigen. Tatsächlich bietet ja das Fettgewebe ein sehr ausgiebiges Wasserdepot, schwankt doch der Wassergehalt des menschlichen Fettgewebes nach Bozenraad zwischen 7 und 46 %. Je kachektischer das Individuum, desto mehr Wasser enthält sein Fettgewebe; auch im Senium wird es wasserreicher. Sicherlich wirkt die Thyreoidintherapie bei vielen Fettleichtigen, wie Grafe hervorhebt, nicht nur oxydationssteigernd, sondern auch im Sinne Eppingers entwässernd. Diese Anomalie des Wasserhaushaltes scheint nach Grafe in keinem obligaten Zusammenhang mit der Stoffwechselverlangsamung zu stehen, obwohl in dem Falle meiner Beobachtung beide Anomalien zusammentrafen.

Ein zweiter Umstand, der unabhängig von der Beschaffenheit des allgemeinen Stoffwechsels für den krankhaften Fettansatz maßgebend werden kann, ist eine besondere „lipomatöse oder lipogene Tendenz“ (v. Bergmann), eine besondere „Lipophilie“ (Günther) der Gewebe oder bestimmter Gewebsanteile. Unerläßlich ist die Annahme einer solchen Lipophilie oder Lipotropie ganz bestimmter Teile des subcutanen Gewebes in jenen Fällen umschriebener Fettansammlung, die sich auch bei kachektischen, progredient abmagernden Menschen an bestimmten Körperpartien entwickeln können. In zwei derartigen Fällen, bei welchen sich im Verlaufe eines Morbus Basedowii trotz hochgradiger Kachexie eine erhebliche lokalisierte Fettansammlung am Unterkörper entwickelt hatte, fand Zondek stark erhöhten Grundumsatz. Es muß also hier unabhängig vom allgemeinen Stoffwechsel eine besondere Lipophilie bestimmter Anteile des Unterhautzellgewebes vorhanden sein. Die Fälle von symmetrischer multipler Lipombildung sind ohne die Annahme der regionär verschiedenen Lipophilie unverständlich. Nun gibt

es aber keine scharfen Grenzen zwischen diesen Fällen krankhafter zirkumskripter Lipomatose und Fällen mehr oder minder diffuser allgemeiner Adipositas und keine zwischen dieser zum normalen Fettansatz. Wenn schon unter normalen Verhältnissen die verschiedenen Abschnitte der Körperoberfläche verschieden reichliches Fettpolster führen, wenn nach Kastration eines männlichen Individuums sich das subcutane Fett an ganz bestimmte Partien der Körperoberfläche ansetzt, so kann dafür nur eine regionär verschiedene und offenbar vom Funktionszustand der männlichen Keimdrüse mitabhängige Lipophilie des subcutanen Gewebes verantwortlich gemacht werden. Das ist keineswegs, wie es den Anschein haben könnte, eine bloße Umschreibung der Tatsachen, es ist vielmehr eine ganz präzise Vorstellung über den Mechanismus, der den Fettansatz und die Fettverteilung beherrscht.

Daß die regionär verschiedene Lipophilie, wie dies auch Günther annimmt, eine dem betreffenden Gewebe selbst innewohnende, immanente, seiner Partialkonstitution zugehörige Eigenschaft darstellt, zeigen die interessanten Beobachtungen von Strandberg und von E. Hoffmann.

Einer Frau war in ihrem 12. Lebensjahr ein Hautdefekt des rechten Handrückens mittels gestielten Lappens von der Bauchhaut her gedeckt worden. Als die Frau im Alter von 30 Jahren auffallend korpulent wurde, nahm die transplantierte Haut an der rechten Hand unverhältnismäßig ganz so wie die Bauchhaut an Dicke zu. In dem Falle von Hoffmann kam es zur „Fettbauchbildung am Handrücken“ als zwei Jahre nach der Transplantation zur Zeit der Pubertät eine allgemeine Zunahme des Fettpolsters erfolgte. Hier mußte sogar operativ eingeschritten werden. Ihre konstitutionelle Lipophilie behält also die transplantierte Haut auch an ihrem neuen Standort bei, ganz wie ihre konstitutionelle Neigung zum Haarwachstum.

Die Lipophilie gewisser Hautabschnitte steht, wie wir erwähnten, unter dem Einfluß der endokrinen Keimdrüsentätigkeit, d. h. sie wird durch die Funktion der männlichen Keimdrüse gehemmt. Ob auch andere Blutdrüsen die Lipophilie der Gewebe, insbesondere aber deren regionäre Verschiedenheit beeinflussen, wissen wir nicht. Als gesichert können wir aber annehmen, daß die Lipophilie vom Zustande der trophischen Nerven abhängig ist. G. Mansfeld und F. Müller fanden nach Durchtrennung des Ischiadicus bei Meerschweinchen, die sie verhungern ließen, in dem gelähmten Bein reichlicher Fett als im gesunden. Die Mobilisation des Fettreservoirs ist also wohl von der Innervation, und zwar nicht allein von der vasomotorischen, wie die Autoren nachweisen konnten, abhängig. Auch an Hunden und Kaninchen (Lostat und Vitry) konnte der vermehrte Fettgehalt im Versorgungsgebiet eines geschädigten Nerven festgestellt werden. Nach Ausschaltung des Rückenmarks nimmt der Fettgehalt in

den gelähmten Teilen zu (*L. R. Müller*). Tatsächlich werden wir an einen trophoneurotischen Ursprung des Fettansatzes infolge neurogen beeinflusster Lipophilie in jenen Fällen denken müssen, in welchen einerseits die streng symmetrische Lokalisation zirkumskripten Fettanhäufungen, andererseits nervöse Anomalien anderer Art, wie schwere Neurasthenie, vasomotorische Störungen, psychische Anomalien u. ähnl. zusammenreffen. Wenn sich eine Lipomatosis im Verlaufe einer alkoholischen Polyneuritis einstellt und mit ihr wieder verschwindet (*Le Meignen* und *Levesque*), so ist das wohl ein starkes Argument zugunsten der trophoneurotischen Genese.

Kontinuierliche Übergänge führen von der symmetrischen Lipomatose zu den schmerzhaften zirkumskripten Lipomen, zu den mehr diffusen, symmetrischen Fettanhäufungen mit und ohne Schmerzhaftigkeit, wie sie z. B. beim sogenannten *Madelung'schen Fetthals*, aber auch in anderen Körpergegenden vorkommen, und den diffusen schmerzhaften Fettwucherungen der *Adipositas dolorosa Dercums*. Wie weit da Stoffwechselanomalien im Sinne eines herabgesetzten Energieumsatzes (*Schwenkenbecher*) mit autochthonen oder endokrin und neurotrophisch bedingten Anomalien der Gewebslipophilie interferieren, müßte wohl für jeden einzelnen Fall gesondert entschieden werden. Jedenfalls gibt es Fälle von *Dercum'scher Krankheit*, in welchen die Blutdrüsen histologisch keinerlei charakteristische Veränderungen aufweisen (*Falta*).

Es ist sicherlich berechtigt, anzunehmen, daß dort, wo neben dem Fettgewebe auch andere Gewebe an der gestörten Trophik konstant oder doch sehr häufig teilnehmen, wie bei der Sklerodermie, bei der im Anschluß an periphere Nervenverletzungen sich einstellenden Glanzhaut („glossy skin“), bei der Hemiatrophia oder Hemihypertrophia faciei, der Ursprung der Anomalie im Nervensystem zu suchen ist. *L. R. Müller* und *Dora Goering* führen auch gewisse seltene Formen halbseitiger Differenzen des Fettpolsters auf neurotrophische Einflüsse zurück und lokalisieren diese „hemiplegische“ Störung in die eine Hälfte des vermutlich bilateralen, symmetrisch angelegten Hirnzentrums am Boden des III. Ventrikels. Für die zuerst von *Simons* beschriebene *Lipodystrophia progressiva*, bei welcher Fettschwund gewisser Körperpartien, vor allem im Gesicht und am Oberkörper mit Fettansatz an anderen, vor allem im Bereiche der Hüften, des Gesäßes und der unteren Extremitäten einhergeht, postulieren sie auf Grund dieser „paraplegischen Anordnung“ einen spinalen Ursprung.

Diese Argumentation erscheint mir allerdings wenig überzeugend. Handelt es sich doch nur um eine extreme Übertreibung ungleichmäßiger Fettverteilung, wie sie von der Lipodystrophie in kontinuierlichem Übergang zur Norm führt. Wie es eine erhöhte Lipophilie der Gewebe gibt, so kommt sicherlich auch eine herabgesetzte vor;

wie sich die Lipophilie im Laufe des Lebens steigern kann, so kann sie wohl auch abnehmen. Der Fettsucht entspricht eine Magersucht (vgl. *Bauer*), dem lokalisierten Fettansatz der lokalisierte Fettschwund. *P. Weber* bezeichnete nicht mit Unrecht die Lipodystrophie als Karikatur des Frauentypus, als „Ultra-Rubens-Stil“, bei dem der fettreiche Unterkörper mit dem fettarmen Oberkörper kontrastiert. Die der Lipodystrophie oder, wie sie *Günther* nennt, der *Lipomatosis atrophicans* zugrunde liegende Disharmonie der regionären Lipophilie ist doch wohl eine hauptsächlich das subcutane Gewebe selbst, autochthon betreffende Konstitutionsanomalie.

Ob endokrine oder neurotrophische Einflüsse mit hineinspielen, ist heute wohl nicht mit Sicherheit zu sagen, keinesfalls aber erwiesen. Wie sehr jedenfalls die autochthone Anomalie des subcutanen Gewebes selbst, seine von der Norm abweichende konstitutionelle Lipophilie im Vordergrund steht, beweist mir eine persönliche Beobachtung, wo ein junger Mann mit der charakteristischen Erscheinung des lokalisierten Fettschwundes im Gesicht vom Felde heimkehrte. Angedeutet war dieses „Totenkopfgesicht“ schon früher bei ihm gewesen und ist es auch als familiäre Eigentümlichkeit bei seinem Bruder und einer Tante mütterlicherseits, die mir persönlich bekannt sind. Wie gewöhnlich bestand auch hier eine nicht nur in bezug auf das eine Merkmal, die Lipophilie, von der Norm abweichende, degenerative Konstitution. Beide im Felde stehenden Brüder bieten eine konstitutionelle Albuminurie und Oxalurie dar. Schwere Psychopathien und zahlreiche Krebserkrankungen sind in ihrer Familie anzutreffen.

Jedenfalls ist ein bestimmter, regionär verschiedener Grad von Lipophilie ein integrierender Bestandteil der individuellen Partialkonstitution des Hautorgans. Nicht überall, wo Anomalien dieser Lipophilie symmetrische oder metamere Anordnung zeigen, wird man deshalb nervöse Einflüsse zur Erklärung heranziehen müssen, denn das Symmetrie- und Metamerieprinzip (vgl. *Günther*) beherrscht keineswegs allein den Bau des Nervensystems.

Was konstitutionell ist, ist vererbbar, was vererbbar ist, kann aber durch entsprechende Auslese zum Rassenmerkmal werden. So wurde denn auch die *Steatopygie* als extrem und unverhältnismäßig gesteigerte Lipophilie der Haut der Gesäßgegend durch geschlechtliche Zuchtwahl zum Rassenmerkmal, sie entspricht ja dem Fettschweif und Fettschwanz mancher Schafrassen, so wurden die Fetthöcker des Kamels und Dromedars zu Artmerkmalen. Hier wie auf so manchen anderen Gebieten der tierischen Physiologie herrscht das von mir so genannte Prinzip der dreifachen Sicherung, das Ineinandergreifen autochthoner, endokriner und nervöser Kräfte zum Zwecke denkbar vollkommenster Organisation.

Wenn wir unsere Ausführungen nochmals in

Kürze überblicken, so können wir sagen: *An der Entwicklung eines abnormen Fettansatzes können beteiligt sein: 1. eine Bilanzstörung und 2. eine Anomalie in der Fettavidität gewisser Zellelemente, eine besondere Lipophilie gewisser Gewebe oder Gewebsabschnitte.*

Zu 1: Eine Bilanzstörung im Sinne einer relativen Überernährung kann zustande kommen a) durch absolut übermäßige Nahrungszufuhr („Mastfetttsucht“), b) durch absolut unzureichenden Energieverbrauch („Faulefetttsucht“), c) durch konstitutionell oder konditionell bedingte Herabsetzung des Grundumsatzes, der Verbrennungsprozesse, des Stoffwechsels. Das Maß der Energiezufuhr und Energieabgabe wird in weitgehendem Maße automatisch reguliert durch sogenannte Gemeingefühle (Hunger, Appetit, Ermüdungsgefühl, Trägheitsgefühl, Bewegungs- und Betätigungsdrang usw.). Die Herabsetzung des Stoffwechsels (Bradytrophie) kann eine allgemeine autochthone Besonderheit des Zellprotoplasmas darstellen, sie kann endokrinen Ursprungs sein, vielleicht auch durch eine Anomalie der Funktion eines an der Basis des dritten Ventrikels gelegenen trophisch-vegetativen Zentrums bedingt sein. Erwiesen ist der Einfluß der Schilddrüse, der Hypophyse und der Keimdrüsen auf die Größe des Energieumsatzes, ohne daß er sich aber dank der korrelativen Beziehungen der einzelnen Drüsen mit innerer Sekretion und dank der überragenden Rolle der Schilddrüse in jedem Falle einer hypophysären oder genitalen Funktionsstörung geltend machen müßte. Die Herabsetzung des Energieumsatzes bedeutet noch keine Fettsucht, sie ist nur ein bedeutender dispositioneller Faktor für die Ausbildung einer Bilanzstörung.

Zu 2: Die Annahme einer den Geweben selbst innewohnenden und speziell einer an der Körperoberfläche regionär verschiedenen, im Laufe des Lebens Schwankungen unterworfenen Lipophilie des Unterhautzellgewebes ist für die Erklärung der physiologischen und pathologischen Verhältnisse der Fettlokalisation unentbehrlich. Sie erklärt vor allem die individuellen Varianten, die Differenzen der Lokalisationstypen. Die Lipophilie ist nicht nur eine autochthone Eigenschaft des Gewebes, ein Merkmal seiner Partialkonstitution, sie steht auch unter dem Einfluß endokriner Einwirkung und trophischer Innervation. Von endokrinen Einwirkungen ist als sichergestellt nur der hemmende Einfluß der männlichen Keimdrüsentätigkeit auf die Lipophilie bestimmter Partien der Körperdecke anzusehen. Entfällt dieser Einfluß, so kann die der Spezies und dem weiblichen Geschlecht eigene verstärkte Lipophilie (an Hüften, Unterbauch, Oberschenkeln, Brüsten) zur Geltung kommen. Daß sie nicht immer und unbedingt nach Ausschaltung der männlichen Keimdrüsenfunktion zur Geltung kommt, beweist, daß auch dieser sekundäre oder akzidentelle Geschlechtscharakter nicht als absolut von der Keimdrüsenfunktion abhängig zu betrachten ist, daß er vielmehr schon in der befruchteten Eizelle zusammen mit den primären Geschlechtscharakteren, den Keimdrüsen in der Anlage bestimmt wird und nur unter dem protektiven Einfluß (Halban) der Keimdrüsenfunktion steht. Die vom Geschlechtsleben des Weibes so stark abhängigen Schwankungen des Fettansatzes sprechen dafür, daß auch die weibliche Keimdrüse auf den Grad der Lipophilie nicht ohne Einfluß ist. Neurotrophische Einflüsse auf die Lipophilie bestimmter Gewebepartien spielen im fördernden Sinne wahrscheinlich in gewissen Fällen symmetrischer, radikulär angeordneter Lipome, vielleicht auch in Fällen von Dercumscher Adiposis dolorosa eine Rolle, im hemmenden Sinne machen sie sich in gewissen Fällen von Glanzhaut (glossy skin), Sklerodermie, Hemiatrophia faciei geltend. Eine von der Norm quantitativ ab-

weichende Disharmonie im Grade der Lipophilie einzelner Körperpartien, die Kombination besonders geringer Lipophilie oder besser Lipophobie gewisser Körperstellen mit starker Lipophilie anderer ist das Wesen der als Lipodystrophia progressiva oder Lipomatoses atrophicans bezeichneten konstitutionellen Erkrankung.

Besprechungen¹⁾.

Stark, Johannes, Die gegenwärtige Krisis in der deutschen Physik. Leipzig, J. A. Barth, 1922. VI, 32 S., 15 × 23 cm. Preis M. 40,—.

Diese Schrift hat 4 Kapitel: Die Aufgabe der Theorie in der Physik, Die Stellung der allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins in der Physik und die Propaganda für sie, der Dogmatismus der Quantentheorie, die Einseitigkeit der modernen Physik und die Abkehr von der Anwendung.

Gegen das erste Kapitel läßt sich nicht viel sagen, sein Inhalt ist nicht gerade neu. In den drei anderen schüttet der Verfasser sein Herz aus und verbreitet sich über alles, was ihm zurzeit an der deutschen Physik nicht gefällt. Leider ist das ziemlich vieles. Die allgemeine Relativitätstheorie möchte er überhaupt aus der Physik in die Mathematik und Philosophie verbannen, die Quantentheorie schädigt nach seiner Meinung die experimentelle Forschung dadurch, daß manche Forscher gewisse Singularitäten in ihren Messungsreihen, statt nachzuprüfen, ob es sich nicht einfach um Beobachtungsfehler handelt, zu ihren Gunsten deuten, und schließlich scheinen ihm die physikalischen Kreise in theoretischem Hochmut technische Leistungen nicht hinreichend zu würdigen.

Auf die Angriffe gegen einzelne Persönlichkeiten, die sich das Buch leistet, gehen wir nicht ein; vor allem verbietet uns der Takt, uns öffentlich über das angeblich zu hohe Alter zeitgenössischer Forscher auszulassen. Zur Sache aber möchten wir sagen: Von dem besprochenen Hochmut der Physiker gegen die Techniker ist uns bisher nichts bekanntgeworden. Dagegen kennen die Einsichtigen aller Lebenskreise, einschließlich der technischen, sehr wohl den Wesensunterschied zwischen einer rein auf Erkenntnis und einer auf die Anwendung dieser Erkenntnis gerichteten Geistestätigkeit, und sie ziehen gelegentlich, z. B. bei Habilitationen, auch praktische Konsequenzen aus ihm. Dieser Wesensunterschied ist aber durchaus kein Wertunterschied, wie ihn Herr Stark — allerdings im umgekehrten Sinn — festzustellen scheint, indem er schreibt: „Wenn die Physik nur als „reine“ Wissenschaft ohne jegliche Anwendung betrieben wäre . . . dann wäre sie als ein lächerliches intellektuelles Spiel verkommen.“

Herr Stark ist aus einem Lehr- und Forschungsamt ausgeschieden, um sich der Technik zu widmen. Das ist sein gutes Recht; denn der Mann, namentlich der bedeutende, darf sich zu verschiedenen Zeiten seine Arbeit auf verschiedenen Feldern suchen. Diese Loslösung ist wohl nicht ohne einige Kämpfe abgegangen. Aber Herr Stark sollte doch soviel Achtung vor seiner eigenen früheren Tätigkeit bewahrt haben, daß er sie nicht öffentlich herabsetzt.

Im übrigen ist schon der Titel der Schrift unglücklich gewählt. Die Krisis, welche zweifellos in der Physik besteht, und die ebenso zweifellos vor allem der Quantentheorie zuzuschreiben ist, beschränkt sich

¹⁾ Die Preise der Bücher sind ohne Teuerungszuschläge eingesetzt.

durchaus nicht auf die deutsche Wissenschaft. Sie äußert sich in allen Ländern, die an der physikalischen Forschung teilnehmen, in der gleichen Weise, und sie kann erst überwunden werden, wenn der Forschung die Lösung des Quantenrätsels gelingt. Andere Abhilfe gibt es nicht. Darin möchten wir dem Verfasser allerdings zustimmen, daß eine Zunahme der experimentellen Arbeit auf Kosten der theoretischen für Deutschland anzustreben wäre. Nur wissen wir doch alle, daß das derzeitige Mißverhältnis zum großen Teil auf der Not unseres ganzen Volkes beruht, und daß die Physiker leider nicht imstande sind, daran viel zu ändern.

Alles in allem wünschten wir, dies Buch wäre ungeschrieben geblieben, und zwar im Interesse der Wissenschaft im allgemeinen, der deutschen Wissenschaft im besonderen und nicht zuletzt im Interesse des Verfassers.

M. v. Laue, Berlin.

Chwolson, O. D., Lehrbuch der Physik. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Dritter Band, erste Abteilung. Die Lehre von der Wärme. Herausgegeben von *Gerhard Schmidt*. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1922. VIII, 450 S. und 105 Abbildungen. Grundpreis geh. M. 15,—.

Das Lehrbuch von Chwolson erfreut sich in Deutschland seit seinem ersten Erscheinen besonderer Beliebtheit, weil es neben mustergültigen, durch schwierige mathematische Entwicklungen nicht belasteten Überblicken über die Grundlagen aller Zweige der Physik zuverlässige Darstellungen der experimentellen Methoden und ihrer wichtigsten Ergebnisse enthält. Von der zweiten Auflage dieses Werkes liegt nunmehr der erste Teil des dritten Bandes vor, der die gesamte Wärmelehre außer der Wärmestrahlung umfassen soll. Dieser erste Teil enthält Thermometrie, Ausdehnung, spezifische Wärme und Wärmeleitung; außerdem zwei kurze Abschnitte über Thermochemie und die Erkaltung der Körper. Sein Gesamtumfang ist etwa derselbe geblieben wie in der früheren Auflage. Mit Ausnahme des Kapitels über die spezifische Wärme, das allerdings $\frac{3}{10}$ des ganzen Bandes ausmacht, sind die Änderungen in engen Grenzen gehalten. Man erkennt das Bestreben, veraltete Methoden und Ergebnisse fortzulassen und der neuen Forschung Rechnung zu tragen. Nach Ansicht des Referenten könnte man in dieser Richtung wohl noch beträchtlich weitergehen. Sollte nicht in einem neuzeitlichen Lehrbuch auf die ausführliche Wiedergabe der nun 70–100 Jahre alten Apparaturen von *Dulong* und *Petit* oder *Regnault* verzichtet werden können? Auf die Darstellung der damals unvermeidlichen Kohlenfeuerung zur Erzeugung hoher Temperaturen sieht der moderne Physiker nur noch mit einem Lächeln. Fast alle Kapitel enthalten ähnliche noch sorgfältig bewahrte Altentümer.

In der Thermometrie sind, dem Stande der Forschung früherer Jahrzehnte entsprechend, die Quecksilberthermometer einschließlich der Methode ihrer Herstellung mit größter Ausführlichkeit behandelt. Sogar die Gewichtsthermometrie, deren sich niemand mehr bedient, ist durch zwei Figuren erläutert, während Thermoelement, Widerstandsthermometer und optische Pyrometrie sehr kurz besprochen sind. Fig. 25 stellt ein Widerstandsthermometer ältester Form dar und muß irreführend wirken. Die vor sieben Jahren veröffentlichte Temperaturskala der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt findet leider keine Erwähnung und die Angaben über optische Pyrometrie

werden durch die Rechnung mit einem unrichtigen Wert der Strahlungskonstanten beeinträchtigt.

In dem Kapitel über die Ausdehnung sind die Paragraphen über die Fizeausche Methode und über die Ausdehnung des Wassers der Jetztzeit besser angepaßt; sie gleichen fast abgeschlossenen Monographien. Der Abschnitt über die Gase erscheint wieder weniger glücklich und ist ohne genügende Berücksichtigung der modernen Forschung dargestellt.

Das große Kapitel über die spezifische Wärme oder die „Wärmekapazität“ ist der wertvollste Bestandteil des Buches. Man merkt ihm an, daß es sich hier — abgesehen von den ersten Abschnitten — nicht um Modernisierung eines alten Gebäudes handelt. Die theoretischen Arbeiten von *Einstein*, *Born*, *Debye* usw. finden die ihnen gebührende Berücksichtigung, ohne daß auf die mathematischen Einzelheiten eingegangen würde, und die experimentellen Forschungsergebnisse sind in anschaulicher Weise in nahem Zusammenhang mit der Theorie zur Darstellung gebracht. Bemerkt werden mag, daß bei der Besprechung der verschiedenen Beobachtungsmethoden zur Bestimmung der spezifischen Wärme das Drosselkalorimeter nicht erwähnt worden ist.

Es wäre erwünscht, daß in einer künftigen Auflage in das Kapitel über Thermochemie einige Angaben über die Verbrennungswärmen von Benzophenon, Naphthalin und Rohrzucker aufgenommen würden, da diese vorzugsweise für die Eichung der Kalorimeter Verwendung finden.

Das Kapitel über Wärmeleitung gibt einen lesenswerten Überblick über die einschlägigen Methoden und Versuchsergebnisse. Die Theorie wird durch eine Reihe wohl bekannter Beispiele über die Temperaturverteilung in verschieden gestalteten Körpern gut erläutert. Die Versuchsergebnisse der letzten Jahre sind allerdings auch hier nicht vollständig wiedergegeben.

Alles in allem haben wir es mit einem Buch zu tun, dessen Anschaffung wohl empfohlen werden kann, da es zur schnellen Einführung in die genannten Kapitel der Wärmelehre gut geeignet ist. Wenn manche Wünsche unerfüllt bleiben, so liegt dies an dem Umfang des behandelten Stoffes. Ein einzelner Physiker kann heute nur noch mit Schwierigkeit die Veröffentlichungen auf allen Gebieten der Wärmelehre — geschweige denn der ganzen Physik — übersehen.

F. Henning, Berlin.

Müller, Aloys, Die philosophischen Probleme der Einsteinschen Relativitätstheorie. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. VIII, 224 S. und 10 Abbild. 8°. Preis geh. M. 7,50; geb. M. 9,25 × Schlüsselzahl.

Ein umfassendes Werk, das die philosophischen Probleme der Relativitätstheorie im einzelnen darstellt, könnte eine Bereicherung der Literatur sein. Leider aber enthält die Müllersche Schrift Irrtümer. So sehr anerkannt werden soll, daß sie nüchtern und sachlich ist und sich von der üblich gewordenen affektbetonten Kampfesweise der Einsteingegner unterscheidet — sie ist auf einem so fundamentalen Mißverständnis der speziellen Relativitätstheorie aufgebaut, daß sie zu ganz falschen Resultaten führt. Eine philosophische Kritik der Relativitätstheorie ist erst möglich, wenn ihr eine Analyse der Theorie nach Tatsachenbehauptungen und Begriffsbildungen vorausgegangen ist; und Müller ist daran gescheitert, daß er diese Analyse nicht völlig durchführen konnte. Sein erstes Mißverständnis betrifft den Gleichzeitigkeitsbegriff. Er behauptet, die Gleichzeitigkeit müsse erkannt und dürfe nicht definiert

werden. Er läßt außer acht, daß es zwei Arten von Definitionen gibt: die Definition des Begriffs innerhalb des Begriffssystems und die „Zuordnungsdefinition“, welche angibt, wie gewisse Begriffe empirischen Realitäten zugeordnet werden. So läßt sich begrifflich definieren, was eine Längeneinheit ist; will man aber praktisch messen, so muß als Zuordnungsdefinition die Festsetzung hinzutreten, daß „dieser Stab hier“ als Einheit dienen soll. Genau so ist es mit der Gleichzeitigkeit, ihr Begriff wird unabhängig von physikalischen Realitäten gebildet, aber was für Ereignisse gleichzeitig heißen sollen, bestimmt erst die Einsteinsche Vorschrift mit Hilfe von Lichtsignalen. Diese Vorschrift ist *willkürlich* — jede andere Vorschrift wäre ebenfalls willkürlich. Dieses erste Mißverständnis ist wohl der Grund, warum alle weiteren Aussagen Müllers über die Raum-Zeit-Lehre der speziellen Theorie unrichtig sind. So behauptet er, das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit sei eine *mathematische Fiktion*, die mit realen Dingen nichts zu tun hätte. Er läßt außer acht, daß die Relativitätstheorie neben Aussagen über das Licht auch die *Tatsachenbehauptung* enthält, daß Maßstäbe und Uhren sich von selbst auf die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit einstellen; und eben deshalb ist das Konstanzprinzip ein empirischer Satz. Weiterhin treten noch erhebliche Irrtümer auf, z. B. daß ein und dieselbe Uhr von verschiedenen bewegten Beobachtern verschieden abgelesen werden soll — ein in der Relativitätsdiskussion immer wieder auftauchender unglücklicher Irrtum, der bei Müller zu den größten Mißverständnissen der Einsteinschen Gleichzeitigkeitslehre führt.

Dies sind nur einige herausgehobene Punkte; aber sie zeigen bereits, daß eine philosophische Würdigung der Theorie auf diesem Boden unmöglich ist. Auch die allgemeine Theorie muß unter der falschen Interpretation der speziellen leiden. Einige Einwände, die gegen die Erklärung der Gravitation gemacht werden, bewegen sich doch gar zu sehr an der Oberfläche. Z. B. stellt Müller die Forderung an, die Relativitätstheoretiker, den Nachweis zu erbringen, daß die astronomischen Bestätigungen der Relativitätstheorie von *keiner* anderen Theorie erklärt werden können — eine ganz unmögliche Forderung, die von keiner einzigen physikalischen Theorie erfüllt wird. Es gibt prinzipiell unendlich viele Erklärungen für jede Tatsache. Die *Auswahl* unter ihnen ist erst das eigentliche Problem und kann nur

im Rahmen einer philosophischen Theorie der Induktion beantwortet werden.

Daß das vorliegende Buch eine ernsthafte philosophische Arbeit ist, soll damit nicht bestritten werden. Man würde es auch wenigstens als einen Schritt zur Klärung der Relativitätsprobleme betrachten können, wenn es vor 2—3 Jahren erschienen wäre. Aber nachdem alle diese Fragen längst aufgeklärt wurden und die Untersuchung bereits in tiefere Schichten eingedrungen ist, kommt das Buch ungeachtet der mühevollen Arbeit zu spät.

Hans Reichenbach, Stuttgart.

Michel, E., *Hörsamkeit großer Räume*. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1921. 22 × 28 cm. 57 S. Mit 84 Abbildungen. Preis geb. M. 44,—.

Verf. will in dem vorliegenden schönen Buche die bisherigen Ergebnisse des Studiums der Hörsamkeit großer Räume (Raumakustik) einheitlich zusammenfassen und „womöglich noch etwas ausbauen“, ein Ziel, welches voll und ganz erreicht wird. Nicht nur dem Architekten, sondern auch dem Musiktheoretiker und Physiker sei die Lektüre des Buches bestens empfohlen.

In sehr klarer und übersichtlicher Weise wird zunächst der Verlauf der Schallwellen bei den verschiedenartigsten Umgrenzungen und Hindernissen besprochen und zeichnerisch dargestellt, wobei auch eine Anzahl praktischer Beispiele mitbehandelt wird. Die zeichnerischen Darstellungen finden eine sehr erwünschte Ergänzung durch zahlreiche photographische Aufnahmen des Verlaufes von Wasserwellen bei verschieden geformter Umrandung des Wassertröges. Der zweite Teil des Buches beschäftigt sich mit der Stärke der Schallwellen, namentlich mit der Intensitätsabnahme mit der Entfernung und infolge von Absorption. Es folgen zwei kurze Abschnitte über den Nachhall und über die Verbesserungsmöglichkeiten schlechter Hörsamkeit.

Im allgemeinen steht man angeblichen Erfolgen auf dem Gebiete der Raumakustik ja recht skeptisch gegenüber, und leider ist diese Skepsis in vielen Fällen sehr berechtigt. Auf der anderen Seite darf aber nicht verkannt werden, daß doch schon manches geleistet ist und daß mancher Mißerfolg in bezug auf die Hörsamkeit eines Bauwerkes vielleicht vermieden worden wäre, wenn man Fachleute zu Rate gezogen hätte. Möchte das Michelsche Buch in den Kreisen derer, die es angeht, recht viele Leser finden, dann kann es großen Nutzen stiften. E. Waetzmann, Breslau.

Richtlinien für die Tätigkeit des Japanausschusses der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Aufgestellt nach den Beratungen des Ausschusses vom 25. November 1922.

1. Der Japanausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft verwendet vom Januar 1923 ab die von dem japanischen Großindustriellen *Hajime Hoshi* zu seiner Verfügung gestellten Mittel zur Förderung von Experimentaluntersuchungen auf dem Gesamtgebiet der Chemie und auf dem physikalischen Gebiet der Atomforschung. Zu Mitgliedern des Ausschusses hat der Präsident der Notgemeinschaft die folgenden Fachangehörigen des Präsidiums und Hauptausschusses ernannt:

F. Haber (Vorsitzender), M. Planck, R. Schenck. Zu satzungsmäßigen Vertretern sind bestellt worden die Herren:

R. Willstätter (stellv. Vorsitzender), W. Schlenk, O. Hahn.

2. Dem Präsidium der Notgemeinschaft bleibt es bei Anträgen, die dem unter 1 gekennzeichneten Zwecke der Hoshi-Stiftung entsprechen, überlassen, ob es die in der bisher üblichen Weise an die Notgemeinschaft gerichteten und eventuell vom Fachausschuß bearbeiteten Anträge vor den Hauptausschuß bringen und dann gegebenenfalls aus allgemeinen Mitteln der Notgemeinschaft befriedigen will oder ob es diese Anträge statt dessen dem Japanausschuß zur Gewährung oder Ablehnung überweisen will. Das Antragsverfahren, die Beteiligung des Fachausschusses

schusses, die Auszahlung der Mittel oder die Zuweisung der betreffenden Apparate, kurz alle für den Antragsteller in Betracht kommenden Punkte bleiben davon unberührt, ob Präsidium und Hauptausschuß oder der Japanausschuß die Entscheidung treffen und ob demgemäß aus allgemeinen Mitteln oder aus Mitteln des Japanausschusses die eventuelle Zahlung erfolgt. Der Japanausschuß nimmt Anträge, die sich auf spezielle Arbeitshilfen oder Beschaffungen beziehen, weder direkt entgegen, noch führt er die Beschaffung aus, auf welche die Anträge gerichtet sind, sondern er beschränkt sich darauf, gegenüber dem Präsidium der Notgemeinschaft im internen Verkehr seine Entscheidung auszusprechen, dem Präsidium die erforderlichen Mittel zur Verfügung zu stellen und den Antragsteller von seiner Entscheidung zu benachrichtigen.

3. Der Ausschuß erblickt seine *wichtigste Aufgabe* darin, angesehenen Fachgenossen die Bearbeitung großer Probleme durch freie Zuwendung erheblicher Mittel zu ermöglichen. Diesem Gesichtspunkte entsprechende Anträge sind zu richten an

Japanausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, zu Händen von Herrn Prof. Dr. Otto Hahn, Berlin-Dahlem, Thielallee 63.

Der Ausschuß verlangt von den Antragstellern keine ins einzelne gehende Darstellung des Themas, sondern nur eine knappe Kennzeichnung, die ihn erkennen läßt, daß die Förderung einer wichtigen Aufgabe in Betracht kommt. Bei diesen Bewilligungen fordert der Ausschuß keine Angaben über die einzelnen beabsichtigten Ausgaben. Er verlangt fernerhin keine Rechenschaft nach erfolgter Zuweisung. Er überläßt es dem Empfänger, die Beträge für Arbeitshilfsmittel jeder Art oder für persönliche Entlohnung von Mitarbeitern und Hilfskräften zu verwenden. Als Zeugnis sachgemäßer Verwendung dient das Zustandekommen einer wissenschaftlich wertvollen Arbeit. Der Gesichtspunkt der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses darf im Rahmen der persönlichen Entlohnungen volle Berücksichtigung finden, indem geeigneten, an der Lösung der Aufgabe beteiligten Mitarbeitern, die keine staatlichen Assistentenstellen bekleiden, laufende Vergütungen gewährt werden, durch die ihr Berufseinkommen bis auf die Höhe eines etatsmäßigen Assistentengehalts gebracht wird. Bei der Verwendung der Bewilligungen für Sachausgaben gilt als Begrenzung, daß die Mittel nicht dazu dienen dürfen, dem Staat seine Verpflichtung zur Erhaltung der Institute im arbeitsfähigen Zustande abzunehmen. Sachausgaben, die nicht unmittelbar mit der Lösung der wissenschaftlichen Aufgaben zusammenhängen, dürfen demgemäß nicht aus den in Rede stehenden Bewilligungen bestritten werden. Der Ausschuß behält sich vor, bei der Bewilligung in geeigneten Fällen den Empfänger einzuladen, bestimmte Bruchteile der bewilligten Summe für die eigene persönliche Lebensführung zu verwenden.

Der Ausschuß wird in erster Linie Anträge der hierher gehörigen Art berücksichtigen, für die staatliche Mittel fehlen und für die seitens der deutschen Industrie Arbeitshilfe nicht zu erlangen ist. Er wird Anträge ablehnen, die zwecks Ausarbeitung spezieller technischer Verfahren gestellt werden. Sofern sich aber bei der Verfolgung des wissenschaftlichen Zieles als Nebenresultat ein nütz-

liches technisches Verfahren ergibt, verbleibt daselbe uneingeschränkt dem Urheber, und es wird lediglich erwartet, daß er aus den ersten Gewinnen, die ihm die Erfindung bringt, dem Japanausschuß die empfangene Unterstützung in voller Höhe — nach ihrer Kaufkraft und nicht nach ihrem Nennwerte — zurückerstattet.

4. Außer den Anträgen zu Ziffer 3 nimmt der Japanausschuß noch unmittelbar solche Anträge entgegen, die sich auf Beziehungen des deutschen Antragstellers zu dem Stifter und seinen Landsleuten, also etwa auf Beschäftigung japanischer Fachgenossen im Laboratorium des Antragstellers, gründen. Hierher zählen auch Anträge, die die Bearbeitung japanischer Rohmaterialien o. dgl. zum Gegenstand haben. Solche Anträge sind unter derselben Adresse wie die Anträge zu 3 an den Japanausschuß direkt zu richten und mit einer näheren Erläuterung zu versehen, die dem Japanausschuß eventuell ermöglicht, mit dem Stifter oder mit anderen japanischen Stellen deshalb besonders in Verbindung zu treten.
5. Wer in irgendeiner Form gemäß Ziffer 2, 3 oder 4 vom Japanausschuß eine Unterstützung empfängt, übernimmt die Verpflichtung, dem Ausschuß unter der in Ziffer 3 angegebenen Adresse je drei Sonderabdrucke der Arbeiten zu übersenden, die er mit Hilfe dieser Unterstützung durchgeführt hat. Der Ausschuß glaubt, der freien und großen Art, mit der der Stifter die Mittel zur Verfügung gestellt hat, am besten zu entsprechen, wenn er an die Entgegennahme der Mittel keinerlei Verpflichtung hinsichtlich der Aufnahme japanischer Studierender knüpft und keinen öffentlichen Dank in den Publikationen vorschreibt, sondern jedem Empfänger überläßt, seinem Danke für die empfangene Förderung nach seinem inneren Bedürfnis einen angemessenen Ausdruck zu geben.
6. Der Japanausschuß macht darauf aufmerksam, daß er keine eigene Kassenführung einrichtet, sondern daß die Kassenverwaltung der Notgemeinschaft allen Geldverkehr mit den deutschen Fachgenossen besorgt, der sich aus den Beschlüssen des Japanausschusses ergibt.

Alle Auszahlungen erfolgen dem deutschen Gesetz entsprechend in Mark. Nach dem Willen des Stifters soll eine Entwertung des Geldes durch weiteres Fallen der Mark ausgeschlossen sein. Dementsprechend soll jeder Antrag die Angabe enthalten, ob die ganze geforderte Summe sofort gebraucht wird oder welcher Teil gleich überwiesen werden soll und welchen andern Teil der Antragsteller auf Abruf bereitgehalten zu sehen wünscht. Die bereitgehaltene Summe kann in Yen ausgedrückt werden. Der auf Abruf bereitgehaltene Betrag bleibt nicht in Form von Mark liegen, sondern sein Gegenwert in Yen am Bewilligungstage wird für den künftigen Empfänger reserviert und nach dem Kurse, der zur Zeit des Abrufes gilt, in Reichsmark ausgezahlt. Der Empfänger ist also gegen Wertänderungen des Geldes, das ihm zugebilligt wird, in der Zeit zwischen der Beschlußfassung und dem Abruf gesichert, soweit nicht etwa der japanische Yen auf dem Weltmarkt seinen Wert verändert.

Berlin-Dahlem, 28. November 1922.

Für den Japanausschuß der Notgemeinschaft.

F. Haber.

O. Hahn.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 3. (Seite 33—48.)

19. Januar 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Über die Bedeutung gewisser fettlöslicher Nahrungsstoffe für Wachstum und Erhaltung des tierischen Organismus. Von *Wilhelm Stepp*, Gießen. (Mit 1 Abbildung.) S. 33.

Die Arbeiten der Carnegie-Institution und andere neuere Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der Erde. Von *A. Nippoldt*, Berlin-Potsdam. S. 37.

Über objektive Demonstration der Brownschen Molekularbewegung. Von *A. Ehringhaus*, Göttingen. (Mit 3 Abbildungen.) S. 42.

Besprechungen:

Hoffmann, Hermann. Die individuelle Entwicklungskurve des Menschen, ein Problem der medizinischen Konstitutions- und Vererbungslehre. Von *Felix Pinkus*, Berlin. S. 43.

Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 9. Methoden zur Erforschung der Leistung des tierischen Organis-

mus. Teil I. Allgemeine Methoden. Zoologische allgemeine Methoden. Heft 2. Von *A. Kühn*, Göttingen. S. 44.
Rasmussen, Knud, In der Heimat des Polarmenschen. S. 45.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Zur Frage der Feinstruktur der Balmerlinien. Von *W. Bothe*, Berlin-Charlottenburg. S. 45.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 46—48.

Krebshaare. Aufbau des Chitins. A geographical study of the kangaroo rats of California. Die neuen Methoden der Konservierung saftreicher Futterstoffe. Die Entwicklung der Menschenrassen im Lichte der Hormontheorie. Pflanzenkulturversuche mit künstlichem Licht. Über die Sprache der Bienen. Die aktuelle Reaktion, der Gewebe bei Bromthymolblau.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Bezieher der „Naturwissenschaften“ haben das Recht, die „Naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher“ zu einem dem Ladenpreise gegenüber um 10% ermäßigten Vorzugspreis zu beziehen

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“

Vierter Band:

Einführung in die Geophysik

Von

Professor **A. Prey-Prag**

Professor Dr. **C. Mainka**-Göttingen; Professor Dr. **E. Tams**-Hamburg

Mit 82 Textabbildungen 1922

G. Z. 12; gebunden G. Z. 13

Die Grundzahl (G. Z.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 4,00.— für Januar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1,25.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Listen frei!

Projektionsapparate Liesegang

Neu!

Janus-Epidiaskop

Neu!

(D. R. Patent 366 044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von Papier- und Glasbildern.

An jede elektrische Leitung anschließbar! Leistung vorzüglich!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach 124

Die Anschaffung des (297) Handwörterbuchs der Naturwissenschaften



10 Bände in Halbleder Tagespreis, erleichtert durch Zahlung in bequemen Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Voigt & Hochgesang

Göttingen

Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Verlag von J. F. Bergmann in München

Lehrbuch der physiologischen Chemie.

Unter Mitwirkung von Prof. S. G. Hedin in Upsala, Prof. Dr. J. E. Johansson in Stockholm und Prof. J. Thunberg in Lund. Herausgegeben von Olof Hammarsten, ehem. Prof. der medizinischen und physiologischen Chemie an der Universität Upsala. Neunte, völlig umgearbeitete Auflage. Zwei Teile. Mit 1 Spektraltafel. (VIII, 830 S.) 1922. (Verlag von J. F. Bergmann in München.) G. Z. 20; gebunden G. Z. 26

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die individuelle Entwicklungskurve des Menschen. Ein Problem der medizinischen Konstitutions- und Vererbungslehre. Von Privatdozent Dr. **Hermann Hoffmann.** Mit 8 Textabbildungen. (IV, 56 S.) 1922. G. Z. 1,2.

Die Grundzahl (G.Z.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Über die Bedeutung gewisser fettlöslicher Nahrungsstoffe für Wachstum und Erhaltung des tierischen Organismus.

Von Wilhelm Stepp, Gießen.

Für die Entwicklung der modernen Ernährungslehre war die energetische Betrachtungsweise, wie sie vor allem von Rubner vertreten wurde, unzweifelhaft von hervorragender Bedeutung. Freilich, auch die eifrigsten Verfechter des energetischen Gedankens waren sich selbst der Tatsache bewußt, daß nur eine begrenzte Zahl von Fragen auf diesem Wege der Lösung zugänglich sei.

Mit der in den letzten Jahrzehnten neu gewonnenen Erkenntnis, daß neben den gewöhnlich als Hauptnährstoffen zusammengefaßten Gruppen von Körpern (den Eiweißkörpern, Fetten, Kohlehydraten, anorganischen Salzen und Wasser) noch andere bisher nicht beachtete Stoffe für Wachstum und Erhaltung des tierischen Organismus unentbehrlich seien, hat sich ein ganz neues Forschungsgebiet eröffnet, das schon jetzt für die praktische Ernährungslehre von größter Wichtigkeit geworden ist. Diese neu entdeckten Substanzen, nach dem Vorschlage C. Funks Vitamine¹⁾ genannt, können, wie es scheint, im Körper des Menschen und der höheren Tiere nicht gebildet werden, ihre Ursprungstätte ist vielmehr die mit reicheren synthetischen Eigenschaften ausgestattete Pflanze. Manche Beobachtungen, wie z. B. die, daß sich gerade im Keimling solche Stoffe angehäuft finden, oder die andere, daß im Augenblick der Keimung eine besondere Gruppe von Vitaminen in großer Menge gebildet wird, deuten darauf hin, daß die Bedeutung der neuen Nährstoffe weit hinaus geht über den Kreis von Fragen, in deren Mittelpunkt sie zurzeit stehen.

Leider wissen wir vorläufig noch sehr wenig Sicheres darüber, welcher Gruppe von chemischen Stoffen die Vitamine zuzurechnen sind. Dieser Mangel macht sich um so unangenehmer bemerkbar, als die verschiedenen Vitamine, von denen jedes seine besondere Wirkung hat, in der Natur fast regelmäßig nebeneinander vorkommen. Die Aufgabe jedes einzelnen wird sich aber erst dann mit einer jeden Zweifel ausschließenden Sicherheit erkennen lassen, wenn es möglich ist, sie in reinem Zustande zu verwenden.

¹⁾ Von F. Hofmeister wurde die Bezeichnung *akzesorische Nährstoffe*, von E. Abderhalden die Bezeichnung *Nutramine* vorgeschlagen.

Wir unterscheiden heute im wesentlichen drei verschiedene Vitamine:

1. das *fettlösliche Vitamin* oder *Vitamin A* (fettlöslicher Faktor A);
2. das *antineuritische Vitamin* oder *Vitamin B* (wasserlöslicher Faktor B, antineuritisches Prinzip, Antineuritin, Beriberischutzstoff);
3. das *antiskorbutische Vitamin* oder *Vitamin C* (antiskorbutische Substanz, antiskorbutisches Prinzip, Antiskorbutin).

Je nachdem in der Nahrung das eine oder andere Vitamin fehlt, entwickeln sich verschiedene krankhafte Veränderungen, die jeweils durch ganz bestimmte Erscheinungen charakterisiert sind. Man hat diese Störungen, die also auf qualitativer Insuffizienz der Nahrung beruhen, Insuffizienzkrankheiten oder Avitaminosen genannt.

So verschieden die einzelnen Avitaminosen in ihren Hauptsymptomen und so charakteristisch also die voll entwickelten Krankheitsbilder sind; so gibt es doch eine Reihe von Zügen, die bei jeder Art der qualitativen Nahrungsinsuffizienz immer wieder in die Erscheinung treten. Es sind dies Appetitlosigkeit, Körpergewichtsabnahme, allgemeine Schwäche, Wachstumsstillstand und Abnahme der Geschlechtsfunktionen.

Dem Wunsche der Schriftleitung entsprechend möchte ich hier in kurzen Zügen die bei fehlender bzw. ungenügender Zufuhr des fettlöslichen Vitamins (oder Vitamins A) auftretenden Störungen schildern.

Die ersten Versuche, in denen bewußt die Frage beantwortet werden sollte, ob die in jeder natürlichen Nahrung vorhandenen, mit den Fetten zusammengehenden fettähnlichen Stoffe als lebenswichtig zu betrachten sind, wurden im Jahre 1909 ausgeführt²⁾. Ich unterwarf ein als Dauernahrung für Mäuse geeignetes Futter einer erschöpfenden Extraktion mit Alkohol und Äther und prüfte das so gewonnene Material im Fütterungsversuch. Das Ergebnis war, daß alle so ernährten Tiere in etwa 3–3½ Wochen zugrunde gingen. Im Gegenversuch ließ sich zeigen, daß Zugabe eines kalt gewonnenen Alkohol-Äther-Extraktes aus Eigelb, Milchpulver u. dgl. den künstlich erzeugten Mangel auszugleichen vermochte, während der bei der Herstellung des extrahierten Futters (im Soxhletschen Apparat) gewonnene Extrakt unwirksam war; offenbar waren

²⁾ Wilhelm Stepp, Versuche über Fütterung mit lipoidfreier Nahrung. Bioch. Zeitschr. Bd. 22 (1909), S. 451.

hitzelabale Substanzen während des langen Verweilens im Kochkolben zerstört worden. Diese hier nur in ihren Hauptzügen angedeuteten Grundversuche wurden späterhin in der mannigfachsten Weise variiert und ihre Ergebnisse nach den verschiedensten Richtungen hin gesichert³⁾.

Welcher Art waren nun des näheren die Substanzen, deren Entfernung verhängnisvoll wurde? Das Nächstliegende war, an die im Pflanzen- wie im Tierreich weit verbreiteten sog. *Lipoide* zu denken. Unter dieser Bezeichnung werden bekanntlich im wesentlichen drei verschiedene Gruppen von z. T. recht verschiedenen Substanzen zusammengefaßt: die *Cholesterine*, die *Phosphatide* und die *Zerebroside*. Sie alle sowie Verwandte dieser Körper sind seit langem als regelmäßige Bestandteile des lebenden Protoplasmas bekannt. Was uns vor allem berechtigt, diese Stoffe besonders ins Auge zu fassen, ist die Tatsache, daß nach allem, was man weiß, einige dieser Körper (bzw. ihre Spaltungsprodukte) als streng *exogene* Stoffe aufzufassen sind, d. h. als Stoffe, die der tierische Organismus nicht zu bilden vermag. Das gilt vor allem für die *Cholesterine*, möglicherweise auch für andere Substanzen, wie die *Zerebronsäure*, das *Sphingosin* usw.

Vor einigen Jahren nun gelang es W. Stepp⁴⁾, den Nachweis zu erbringen, daß ein künstliches Gemenge solcher Vertreter von „Lipoiden“ imstande ist, für eine längere Zeitperiode die durch Alkohol-Äther aus einer Nahrung entfernten lebenswichtigen Stoffe zu ersetzen⁵⁾. Die Versuche, die zurzeit in größerem Maßstabe wieder aufgenommen worden sind, sind selbstverständlich manchen Einwänden zugänglich. So läßt sich beispielsweise geltend machen, daß die zu den Versuchen verwendeten Lipoide einer strengen Forderung nach chemischer Reinheit nicht entsprechen. Das ist gewiß ein Übelstand, abstellen wird er sich indes erst lassen, wenn die Chemie uns sichere Methoden zu ihrer Reindarstellung in die Hand gegeben hat. Man muß also die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß die Wirkung des Lipoidzusatzes nicht auf die Lipoide selbst, sondern auf etwaige „Verunreinigungen“ dieser Stoffe zurückzuführen sei. Bei dieser Deutung müßte man nun aber die weitere Annahme machen, daß mehrere derartige „Verunreinigungen“ in Frage kommen, da ein einzelnes „unreines“ Lipoid gänzlich unwirksam und nur die Kombination mehrerer derartiger Substanzen (wie in den Versuchen Stepps) ein positives Er-

gebnis hat. Man hat also die Wahl zwischen zwei Erklärungsmöglichkeiten: Entweder spricht man die betreffende Kombination von Cholesterin mit Phosphatiden und Zerebroside oder aber eine Kombination von mehreren unbekannten Begleitstoffen dieser Substanzen als das Wirksame an. Die ganze Frage bedarf jedenfalls dringend der weiteren Klärung.

Zu betonen wäre hier nur noch, daß — ganz gleichgültig, welche Stoffe in der Zukunft als die Träger des Vitamins A erkannt werden mögen — die erkannten Gesetzmäßigkeiten in Versuchen an *Säugetieren* (Mäusen, Ratten und Hunden) festgestellt wurden. Bei den *Vögeln* scheint ein Bedarf an Vitamin A, wie aus Versuchen Stepps an Vögeln hervorgeht, entweder überhaupt nicht zu bestehen oder er ist ungleich geringer⁶⁾. Auch dieses Problem muß noch weiter erforscht werden.

Die Existenz lebenswichtiger mit den Fetten zusammengehender Nahrungsstoffe wurde nach der Veröffentlichung der ersten Arbeiten von Stepp von einer ganzen Reihe anderer Forscher, vor allem amerikanischer Autoren, erhärtet. Von letzteren seien u. a. *Mc Collum* und *Davis*, *Osborne* und *Mendel*, von deutschen Autoren *Aron*, *Langstein* und *Edelstein* genannt. Diese unter anderen Gesichtspunkten angestellten Arbeiten, die später durch umfassende Forschungen englischer Gelehrter bestätigt wurden, führten zu der Feststellung, daß das fettlösliche Vitamin A, wie man diese Begleitstoffe der Fette nannte, in besonders reichlicher Menge in gewissen tierischen Fetten vorkommt, so im *Milchfett*, im *Eigelb*, in bestimmten Organfetten, im *Nierenfett* der Rinder, im *Leberfett*, vor allem aber im *Dorschlebertran*, der von allen bekannten Stoffen die *reichste Quelle* des Vitamins A⁷⁾ darstellt. Verhältnismäßig *arm* an dem fettlöslichen Faktor ist das Schweinefett, insbesondere das *Schweineschmalz* des Handels, eine Tatsache, für die später die Erklärung gefunden werden konnte.

Von großer Bedeutung für unsere Vorstellungen über die Bedeutung des Vitamins A war dann der Nachweis seiner weiten Verbreitung im *Pflanzenreich*. Es findet sich vor allem in den grünen Gemüsen, im *Spinat*, im *Salat*, in den *Kohlarten*, im *Lattich* und in vielen Rübensorten, so besonders in den *gelben Rübchen*. *Wechselnd* ist das Vorkommen in den *Knollen- und Wurzelgemüsen*. In der *Kartoffel*, unserem wichtigen Volksnahrungsmittel, sind offenbar nur *Spuren* vorhanden. Ganz regelmäßig begegnen wir dem

³⁾ W. Stepp, Zur Frage der synthetischen Fähigkeiten des Tierkörpers. Zeitschr. f. Biologie Bd. 66 (1915), S. 350.

⁴⁾ Derselbe, Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung der Lipoide für die Ernährung. Zeitschr. f. Biologie Bd. 57 (1911), S. 135.

⁵⁾ W. Stepp, Die Lipoide als unentbehrliche Bestandteile der Nahrung. Zeitschr. f. Biologie Bd. 66 (1915), S. 365.

⁶⁾ Außer den Lipoiden mußte der Nahrung noch ein gereinigtes Antineuritinpräparat (Vitamin B) zugefügt werden, da bei der Alkoholextraktion des Futters auch Vitamin B in erheblichen Mengen entfernt wird.

⁷⁾ Von englischen und norwegischen Forschern wurde jüngst festgestellt, daß der männliche Wal, in dessen Leber sich das Vitamin A in besonders reichlicher Menge findet, den spez. Stoff aus dem *Plankton* bezieht. Und es gelang in der Tat, nachzuweisen, daß das *Plankton Vitamin A* in größten Mengen enthält, so daß man es verhältnismäßig leicht aus ihm gewinnen kann. Für die Therapie bedeutet diese Erkenntnis einen bedeutsamen Fortschritt.

Vitamin A in den verschiedenen *Getreidekörnern*, und zwar besonders im Keimling. Von anderen Samen sei noch die *Hirse* und die *Sojabohne* genannt.

Merkwürdigerweise sind die *pflanzlichen Fette und Öle* sehr arm an dem fettlöslichen Faktor, eine Tatsache, die sich daraus erklärt, daß bei dem Extraktionsprozeß das Vitamin zum größten Teil im Ausgangsmaterial zurückbleibt. Bei der handelsmäßigen Verarbeitung der Extrakte (Erhitzen auf Temperaturen um 130° an der Luft) verlieren die Fette und Öle noch weiter an Vitamin, so daß die fertigen Produkte nur noch Spuren enthalten. Verhältnismäßig am gehaltreichsten ist die sog. *Oleomargarine*, die anderen Margarinepräparate enthalten nur Spuren.

Die zum Genuß verwandten *Früchte* sind im allgemeinen fast völlig frei von Vitamin A. Eine Ausnahme bildet hier die *Tomate*, die durch einen hohen Gehalt ausgezeichnet ist.

Wenden wir uns nun zu den *krankhaften Störungen*, die als Folgen der Ausschaltung des Vitamins A aus der Nahrung erkannt wurden, so sei zunächst hervorgehoben, daß die *Erscheinungen besonders ausgesprochen beim jungen, wachsenden Organismus* zu beobachten sind, ferner, daß die im Tierexperiment gemachten Beobachtungen eine weitgehende Analogie fanden in Erfahrungen der klinischen Medizin, und zwar vor allem der Kinderheilkunde.

Die Ausfallserscheinungen, die bei Fehlen des Vitamins A in der Nahrung sich entwickeln, sind die folgenden:

1. *Entwicklungsstillstand, Aufhören des Wachstums, Körpergewichtsverfall* (nutritive collapse der Amerikaner),
2. *Xerophthalmie und Kreatomalazie*,
3. *Störungen der Knochenentwicklung* (im Sinne der menschlichen Rachitis bzw. Osteoporose).

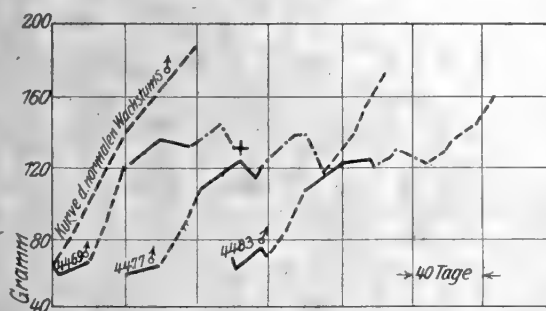
Die Störung des Anwuchses läßt sich bei jungen wachsenden Ratten besonders schön demonstrieren an dem Verhalten der Gewichtskurve. Die anfangs steil aufstrebende Kurve wird allmählich flacher, senkt sich dann nach abwärts und endigt mit dem Tod der Tiere, wenn nicht rechtzeitig der fehlende Stoff zugelegt wird. Geschieht dies, so ändert die Kurve sofort ihre Form wieder, d. h. sie steigt an und die unterbrochene Entwicklung erfolgt in normaler Weise weiter.

Sehr klar kommen diese Verhältnisse in einer Kurve zum Ausdruck, die von *Osborne und Mendel*⁸⁾ in einer ihrer Arbeiten veröffentlicht wurde.

⁸⁾ Vgl. W. Stepp, Über Vitamine und Avitaminosen. Ergebn. d. Inn. Mediz. u. Kinderheilkunde Bd. XXIII (1920), S. 90.

Daß beim Menschen der Einfluß ungenügender Zufuhr von Vitamin A sich genau so geltend macht wie im Tierexperiment, konnten die Engländerinnen *E. J. Dalyell* und *Harriette Chick* an *Wiener Säuglingen* zeigen. Kinder, die bei Ernährung mit Magermilch nicht gedeihen wollten und in ihrem Gewicht hinter viel jüngeren Kindern zurückgeblieben waren, nahmen sofort zu und zeigten normale Entwicklung, als der Nahrung Butter oder Lebertran zugefügt wurde; bemerkenswert ist, daß infolge einer entsprechenden Abänderung der übrigen Nahrung der Gesamtkalorienbetrag dabei nicht vermehrt war.

Analoge Beobachtungen konnten bei Brustkindern gemacht werden, die — infolge ungenügender Aufnahme von Vitamin in der Nahrung der Mutter — mit der Milch zu wenig von dem spezifischen Stoff zugeführt bekamen. Zulage



Bei fettfreier Ernährung (ausgezogene Linie —) steigt die Kurve ganz langsam an. In dem Augenblicke, in dem Butter der Nahrung zugefügt wird, geht sie sofort steil in die Höhe (gestrichelte Linie - - -). Wird nun die Butter durch Schweineschmalz ersetzt, so wird die Kurve nach einiger Zeit flach, um schließlich abwärts zu sinken (Strichpunktlinie - · - ·). Ersatz des Schweineschmalzes durch Butter (gestrichelte Linie - - -) führt sofort wieder die Kurve steil nach oben.

von Vitamin A zur Nahrung der Mutter hatte in solchen Fällen einen steilen Anstieg der Gewichtskurve des Säuglings zur Folge.

Diese Beobachtungen sowie andere über den Gehalt der Kuhmilch an Vitamin A wiesen darauf hin, daß der Gehalt der Milch an diesem Stoff abhängig ist von der Zufuhr in der Nahrung des Milchspenders. Für die Praxis ergibt sich hieraus die Forderung, daß die stillende Mutter reichlich vitaminhaltige Kost — vor allem auch reichlich Vitamin A in Form von Vollmilch, Butter, Eier, grünen Gemüsen usw. — genießt; dann darf man mit einem guten Gedeihen des Brustkindes rechnen.

Die als Folgen ungenügender Aufnahme von Vitamin A erkannten Augenstörungen wurden schon in früherer Zeit im Verlaufe von Ernährungsversuchen an Tieren beobachtet (*Falta* und *Noeggerath, Knapp*); indes war man sich über den Zusammenhang damals noch nicht richtig klar. Die richtige Deutung fanden erst im Jahre

1913 Osborne und Mendel durch die Beobachtung, daß die bei Fütterung mit einem Gemisch scharf gereinigter Nahrungsstoffe auftretende Augenerkrankung ihrer Versuchstiere (Ratten) durch Beigabe von Butter in kürzester Zeit zum Verschwinden gebracht werden konnte, nicht aber durch Zulage von Schweinefett. Zwei Jahre später wurde dann von Freise, Goldschmidt und Frank die Augenerkrankung, die bei Fehlen des Vitamins A in der Nahrung auftritt, als *Keratomalazie* erkannt. Dieses Augenleiden, das mit Eintrocknungserscheinungen an der Bindehaut beginnt — *Xerosis conjunctivae* — und in einem geschwürigen Zerfall der Hornhaut besteht, war in der menschlichen Pathologie, besonders bei schwer ernährungsgestörten Säuglingen, schon längst bekannt. Von dem Japaner Mori war schon im Jahre 1904 die Vermutung ausgesprochen worden, daß die bei japanischen Kindern (deren Ernährung eine rein vegetabilische war unter strengem Ausschluß der Fette) häufig beobachtete Erkrankung — japanisch *Hikan* genannt — auf ungenügende Zufuhr von Fett zurückzuführen sei. Unter dem Einfluß der neuen experimentellen Forschungsergebnisse ließ sich denn nun in der Tat sehr bald der Nachweis erbringen, daß auch beim Menschen diese Augenerkrankung durch Mangel an Vitamin A in der Nahrung bedingt sei. Besonders von dem dänischen Kinderarzte C. E. Bloch konnte überzeugendes Beweismaterial beigebracht werden. In einer Abteilung des Reichshospitals zu Kopenhagen erhielten die Kinder in ihrer Nahrung keinerlei A-Vitamin-haltige Fette, also keine Butter, keine Eier, keine Sahne, keine Vollmilch, sondern an deren Stelle nur Magermilch oder Margarine. In dieser Abteilung kamen nun sehr zahlreiche Fälle von Xerosis der Binde- und Hornhaut sowie Keratomalazie zur Beobachtung, während in einer anderen Abteilung, wo es reichlich Vollmilch gab, das Leiden niemals auftrat. Es gelang nun Bloch, zu zeigen, daß die Augenerkrankung durch Darreichung von Sahne oder Lebertran sehr rasch zur Ausheilung gebracht werden konnte. Bloch wurde von seinen Beobachtungen zu weittragenden Schlußfolgerungen geführt. Nach seiner Meinung ist die Ursache für die große Häufigkeit von Blindheit bei dänischen Kindern diese Augenerkrankung, die selbst wieder zurückzuführen ist auf die fast ausschließliche Verwendung von Magermilch und Margarine an Stelle von Vollmilch und Butter auf dem Lande. Es ist wie ein seltsamer Zufall, daß kurze Zeit später, als Dänemark infolge der deutschen U-Boot-Blockade die im Lande produzierte Butter nicht mehr ausführen konnte, sondern öffentlich zu bewirtschaften gezwungen war, keine frischen Fälle der Augenerkrankung mehr zur Beobachtung kamen, da nunmehr die Butter auch für die ärmsten Schichten der Bevölkerung erschwinglich wurde.

Die Erfahrungen von Bloch konnten später

von den verschiedensten Seiten bestätigt werden. Sehr wichtige Beobachtungen verdanken wir auch hier wieder den Engländerinnen E. J. Dallyell und Harriette Chick an Wiener Säuglingen in der Nachkriegszeit.

Während die hier geschilderte Augenerkrankung als Avitaminose wohl allgemeine Anerkennung gefunden hat, ist die Frage, ob auch die Rachitis als Insuffizienzkrankheit infolge Mangels von Vitamin A anzusehen sei, zurzeit noch Gegenstand lebhafter Erörterung, obwohl auch hier jetzt eine Klärung einzutreten scheint.

Die wichtigsten Arbeiten auf diesem Gebiete verdanken wir dem Engländer Eduard Mellanby. Auf Grund von umfassenden Untersuchungen an 400 jungen, wachsenden Hunden kam dieser Forscher zu der Schlußfolgerung, daß ungenügende Zufuhr von Vitamin A von Knochenveränderungen erfolgt sei, die ganz dem Bilde der menschlichen Rachitis glichen. In England bezeichnete man daher das Vitamin A auch *antirachitischen Faktor*.

Freilich schon Mellanby selbst erkannte, daß nicht die Ernährung allein das Ausschlaggebende für die Knochenstörung sei, sondern daß bestimmte Momente ihre Entstehung begünstigten (so z. B. das Einschließen der Tiere in enge Käfige, Mangel an Luft und Licht usw.), während andere wieder im entgegengesetzten Sinne wirkten (viel Luft und Sonne, freies Herumlaufenlassen u. dergl.). Mellanby konnte ferner zeigen, daß auch in der Ernährung nicht die Menge des aufgenommenen Vitamins A das allein Ausschlaggebende sei, sondern daneben noch die Menge und Form der anderen Nahrungsstoffe eine Rolle spielten; viel Brot und Zucker befördert die Entwicklung der Knochenveränderungen, reichliche Fleischkost wirkt im umgekehrten Sinne. Im weiteren Verlaufe seiner Studien schenkte dann Mellanby dem Kalkgehalt der Nahrung seine Aufmerksamkeit und konnte feststellen, daß alle Nahrungsmittel, die reichlich Vitamin A enthalten und erfahrungsgemäß nicht zur Entwicklung von Rachitis führen, auch gleichzeitig ausgesprochen kalkreich sind. Hier setzten nun die schönen Untersuchungen der Amerikaner Mc Collum, Simmonds, Shipley und Park ein. Es gelang ihnen zu zeigen, daß für eine normale Skelettentwicklung ein richtiges Verhältnis des Calciums zur Phosphorsäure von größter Bedeutung ist. Sind Calcium und Phosphorsäure in entsprechenden Mengenverhältnissen vorhanden, so genügt eine verhältnismäßig kleine Menge von Vitamin A für ein normales Knochenwachstum. Ist eines der beiden Mineralien in zu geringer Menge vorhanden, so läßt sich das Auftreten von Knochenstörungen nur durch einen großen Überschuß von Vitamin A verhüten. Durch diese erst jüngst veröffentlichten Untersuchungen wird die große Bedeutung der Mineralien und ihre Beziehung zu den Vitaminen in ein ganz neues Licht

gerückt. Nur nebenbei sei noch erwähnt — weil es sich hier um einen erst noch weiter zu klärenden Punkt handelt —, daß die Substanz, die für die Knochenbildung von Bedeutung ist, anscheinend nicht identisch ist mit dem Stoff, der die spezifische Augenerkrankung verhindert. In der Butter ist anscheinend nur der letztere, im Lebertran hingegen sind beide vorhanden; wie denn überhaupt der Lebertran, der von jeher als wertvollstes Heilmittel bei der Rachitis geschätzt worden ist, als der wichtigste Träger des Vitamins A erkannt worden ist.

Im Anschluß an die Besprechung der Störungen des jungen, wachsenden Knochens, soweit sie Folgen einer qualitativ unzureichenden Ernährung sind, sei hier nur noch kurz der sogenannten *Hungerosteomalazie der Erwachsenen* gedacht, wie sie gegen und nach Ende des Krieges besonders in Österreich zur Beobachtung kam. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß es sich hier um eine Avitaminose (durch Mangel an Vitamin A) handelt. Auch die ausgezeichnete Beeinflussbarkeit dieser Knochenerweichung durch entsprechende diätetische Maßnahmen läßt keinen Zweifel an der spezifischen alimentären Genese aufkommen.

Wir hätten damit die wichtigsten, auf ungenügende Zufuhr von Vitamin A zurückzuführenden Krankheitsbilder besprochen, soweit sie bis jetzt bekannt sind. Einer Veränderung jedoch möge hier noch gedacht werden, die wohl sicherlich auch mit einer ungenügenden Aufnahme von fettlöslichem Vitamin zusammenhängt, auch wenn der Zusammenhang bisher nicht so ganz streng erwiesen ist. Es ist dies die *Herabsetzung der Resistenz gegen infektiöse Schädlichkeiten*. Nicht nur Beobachtungen bei Ernährungsversuchen an Tieren, sondern auch die Erfahrungen der Kinderärzte sprechen dafür. So hat man erst in den letzten Jahren gelegentlich von Grippeepidemien gesehen, daß *fettreich ernährte Säuglinge eine Lungentzündung viel besser überstehen als solche, bei denen die Fette in der Nahrung gegenüber dem Kohlenhydratanteil ganz zurücktreten*, und von besonderem Gewicht sind solche Erfahrungen, wo es sich um Kinder ein- und derselben Anstalt handelt, bei denen die sonstigen Bedingungen völlig gleich waren. Aber nicht nur bei akuten Infektionen scheint eine reichliche Zufuhr von Vitamin A bedeutungsvoll zu sein, sondern auch bei den chronischen, insbesondere der *Tuberkulose*. Auch hier sprechen Tierversuche und klinische Erfahrung in demselben Sinne. Die Empirie ist hier der exakten Forschung längst vorausgeeilt und hat den Lebertran bei der Bekämpfung der Skrophulose und Tuberkulose schon zu einer Zeit angewendet, wo man von den jetzt noch erforschten Zusammenhängen noch nicht das Mindeste wußte.

Ausführliche Literaturhinweise finden sich in

meiner zusammenfassenden Darstellung: *Vitamine und Aritaminosen*. Ergebnisse der inneren Medizin und Kinderheilkunde Bd. XVII, 1922.

Die Arbeiten der Carnegie Institution und andere neuere Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der Erde.

Von A. Nippoldt, Berlin-Potsdam.

Seit dem ersten Jahrgang dieser Zeitschrift konnten wir regelmäßig über jene weltumspannenden Unternehmungen berichten, welche unter Leitung von Louis Agricola Bauer seitens der erdmagnetischen Abteilung der Carnegie Institution ins Werk gesetzt werden, um endlich eine vollständige magnetische Aufnahme des ganzen Erde zu bekommen. Bis jetzt waren zwar wertvolle Veröffentlichungen dieser Art erschienen, so sei kurz in folgendem über sie berichtet.

Die eine ist der regelmäßige Jahresbericht, diesmal für das Jahr 1921¹⁾, die andere die Veröffentlichung der Endergebnisse über in den Jahren 1914 bis 1921 auf dem Lande angestellten Messungen²⁾.

Der Jahresbericht ist wieder eine Karte beige gegeben, welche, wie die in dieser Zeitschrift, 3. Jahrg., S. 404, 1915 abgedruckte, die Verteilung der Reisewege wiedergibt. Der Verfasser beider lehrt, daß besonders die großen Weltwege inzwischen bei weitem enger mit Stationen bedeckt worden sind als damals. Natürlich sind dabei die älteren Wege des öfteren *herabgezogen*, und so war die Gelegenheit gegeben, die in der Welt eingetretenen Veränderungen des erdmagnetischen Feldes, die sogenannten „Säklarmutationen“, zu ermitteln. Dies ist ungemein wichtig, wenn es sich darum handelt, die zu so verschiedenen Zeiten gemachten Beobachtungen auf ein und denselben Zeitpunkt zurückzuführen. Auf älteren Karten leiden an dem Ubel, daß man zu solch Säklarmutationen nur in höchst ungenügender Menge und schlechter geographischer Verteilung zu Gebote standen. Dies aber wirkt dann wieder zurück auf die praktischen und theoretischen Anwendungen.

Während die Beobachtungen auf hoher See überwiegend von der Carnegie Institution besorgt worden sind, und andere Nationen als die amerikanische zwar wertvolle, aber an Umfang doch nur kleine Beiträge liefern konnten, stellen die Landbeobachtungen der Washingtoner Zentrale den Seemessungen gegenüber nur einen kleinen Anteil dar. Dies ist jedoch nur so wegen der großen Fülle von Schiffsmessungen. Im einzelnen sind auch viele der Landaufnahmen geo-

¹⁾ L. A. Bauer, Annual Report of the Director of the Department of Terrestrial Magnetism, S. A. and Yearbook Nr. 20, S. 307—357, i. d. J. 1921.

²⁾ L. A. Bauer, J. A. Fleming, H. W. Fisk, W. J. Peters, Land Magnetic Observations 1914—1921, Researches of the Department of Terrestrial Magnetism, Vol. IV, Washington 1921, 475 S., gr. 4.

graphische Leistungen größten Stiles. So bringt der laufende Bericht Mitteilungen über die Reise eines einzigen Beobachters von Angola an der Westküste Afrikas quer durch den Kontinent bis nach Mozambique, darauf hinüber nach der Insel Madagaskar, die vollständig neu vermessen wurde (nachdem sie früher von Pater *Colin* schon einmal aufgenommen worden war), dann der Ostküste des Festlandes entlang bis nach Abessinien und dann über Indien nach Westaustralien. Die übrigen Landbeobachtungen betrafen im Berichtsjahr nur vergleichlich geringe Strecken (einige Inseln im südlichen Großen Ozean), aber das Gesamtwerk über die Landbeobachtungen bewegt sich über alle Länder der Erde. Insbesondere sind hier die Aufnahmen von ganz Australien, Südamerika und Afrika hervorzuheben. In Australien bestanden vorher so gut wie gar keine neueren Messungen und in den anderen war wenigstens das Meiste magnetisch noch unerforscht.

Nicht alle diese Messungen sind ureigene Unternehmungen des Carnegie-Instituts gewesen, oft waren sie von anderer Stelle in die Wege geleitet, aber diese Anstalt unterstützte sie mehr oder weniger. Sie bekundete damit, daß sie in der Tat, wie sie beansprucht, ein internationales wissenschaftliches Institut ist. So bringt der diesmalige Jahresbericht Nachrichten über das Zusammenarbeiten mit der Expedition *Amundsens* nach der nordsibirischen Küste und mit *Mac Millans* Expedition nach Baffinsland.

Um die Einzelmessungen dieser Reisen wegen der bekannten dauernden Veränderlichkeit des erdmagnetischen Feldes auf einen Normalzustand zurückführen zu können, bedient man sich der verschiedenen erdmagnetischen Observatorien mit ihren selbstschreibenden Apparaten. Da es an solchen, namentlich in der Südhalbkugel, sehr mangelt, hat die Institution von sich aus mehrere neue eingerichtet. Die neuesten sind das in Watheroo in Westaustralien und das in Huancayo in Peru. Das erste war in dem Berichtsjahr schon in voller Tätigkeit, das zweite noch in der Einrichtung begriffen.

Ehe an die Verarbeitung des so entstehenden großen Materials herangegangen werden kann, sind begreiflicherweise eine Anzahl theoretischer Vorstudien zu erledigen. Diese Arbeiten geschehen an dem Zentralinstitut in Washington. Diesmal betrafen sie besonders die Bildung von sogenannten Linienintegralen über das magnetische Feld der Erde längs einiger Breitenkreise und längs der Bahn der Umschiffung des Südpols durch das eisenfreie Vermessungsschiff „Carnegie“. Im Gegensatz zu früheren ähnlichen Untersuchungen *Bauers*, bei denen er sich auf die alten magnetischen Karten früherer Zeiten stützte, stand ihm jetzt das neue riesige Beobachtungsmaterial zur Seite. Um so bemerkenswerter ist es, daß die neue Studie die Ergebnisse der alten qualitativ und quantitativ

vollkommen bestätigte. Es ist daraus der physikalische Schluß zu ziehen, daß die Erdoberfläche von auf ihr senkrechten elektrischen Strömen durchsetzt wird, und zwar derart, daß an den Polkappen negative Elektrizität auf sie zu wandert und in dem Bereich dazwischen von ihr abwandert. Die mittlere Stromstärke ist, auf den qkm bezogen, $\frac{1}{35}$ Ampere.

Da die Lufterlektriker in den uns zugänglichen, niederen Schichten der Atmosphäre tatsächlich vertikale elektrische Ströme nachgewiesen haben, so entsteht natürlich leicht die Vermutung, daß zwischen beiden Erscheinungen eine ursächliche Verknüpfung vorhanden. Obwohl nun die lufterlektrischen Vertikalströme 10 000mal zu schwach sind, um die erdmagnetisch erschlossenen zu erklären, schenkt die Carnegie-Institution dennoch den lufterlektrischen Elementen seit langem eine erhöhte Beachtung. Sie hat nunmehr eigens eine Unterabteilung für diesen Wissenszweig eingerichtet und läßt auf ihren Seereisen auch alle erdelektrischen Elemente studieren.

Es kommt hinzu, daß *Bauers* neue und eigenartige Forschungen über den Zusammenhang zwischen den Vorgängen auf der Sonne einerseits und den erdelektrischen und erdmagnetischen andererseits neue Beziehungen zwischen allen dreien Phänomenen enthüllt haben. Der Jahresbericht bringt referierend die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen, die sich namentlich in der ebenfalls an der Zentrale redigierten internationalen Zeitschrift „Terrestrial Magnetism“ veröffentlicht finden. Indem er statt der seitherigen Sonnenfleckenzahlen andere Maßzahlen für die Sonnentätigkeit einführt und diese namentlich für so kurze Zeitspannen berechnet wie einzelne Tage und Monate, entdeckt er zudem ganz neue Tatsachen über die Schwankungen der Sonnentätigkeit und deren Verschiedenheit für Jahre stärkster und schwächster Ausbildung. Vor allem aber zeigen sich die eigenartigen Zusammenhänge zwischen diesen Sonnenzahlen und der Tätigkeit des Erdmagnetismus und der Erdlektrizität, einschließlich der der Erdströme. Mit einer Klage darüber, daß nur so wenige Observatorien die Erdströme fortlaufend registrieren, beginnt der Jahresbericht, und wer die energische Natur des Leiters aller dieser hier besprochenen Forschungen kennt, dem ist es damit klar, daß er auch die nötigen Schritte unternommen hat, um diesem Mangel an seinen eigenen Observatorien abzuheilen.

Die Zentrale in Washington besitzt ein eigenes Institut auch für alle die vielseitigen instrumentellen Aufgaben eines solchen Unternehmens. Der große Band über die Landbeobachtungen bringt dementsprechend eine Anzahl instrumenteller Untersuchungen von Wert. So berichtet *H. W. Fisk* über den Einfluß kleinster Achsenfehler bei Inklinationssnadeln und *S. J.*

Barnett über die elektrischen Methoden der Messung der Horizontalintensität.

Geben die beiden hier besprochenen Arbeiten auch schon einen guten Einblick in die Tätigkeit der erdmagnetischen Abteilung des Carnegie-Instituts, so sei doch ausdrücklich zur Ergänzung nochmals auf die Zeitschrift „Terrestrial Magnetism“ hingewiesen, die zwar kein amtliches Organ des Instituts ist, jedoch dessen Leiter zum Herausgeber hat, und in der er ausführlicher zu Worte kommen kann, als in den kurzen Referaten der Jahresberichte.

* * *

Es ist nicht mehr als billig, daß wir, nachdem wir soeben die umfangreichen Arbeiten der Carnegie-Institution an der magnetischen Aufnahme der Erde kennengelernt haben, nun auch noch der anderen gleichen Bestrebungen gedenken, welche von anderer Seite in den letzten Jahren in Angriff genommen worden sind. Von vornherein war es nicht die Absicht der Carnegie-Institution, ganz für sich allein eine magnetische Vermessung der Erde vorzunehmen und auf die Mitarbeit anderer zu verzichten; vielmehr war es nur ihr Plan, lediglich dort zu beobachten, wohin auf anderem Wege keine magnetische Vermessung hingelangen konnte. Die Ergebnisse der anderen Zentren beachtet sie vielmehr ständig und sorgt durch Vergleichsmessungen, welche ihre Beobachter an den Basisobservatorien jener Zentren vorzunehmen haben, für eine volle Vergleichbarkeit der beiderseitigen Messungen.

Die größte Lücke in der magnetischen Aufnahme der Erde bildete das große russische Reich, trotz seiner vielen magnetischen Observatorien. Um diesen Zustand zu ändern, veranlaßte die Akademie zu Petersburg eine planmäßige Vermessung durch eine große Zahl von Beobachtern. Der Krieg hat diese Unternehmungen erheblich gestört, aber es steht zu hoffen, daß die schon beträchtliche Arbeit auch aus den Wirren der jetzigen Zeit gerettet werden wird (1). Sicher ist dies so bei dem einst russischen Finnland. Hier ist eine eingehende, sorgfältige Aufnahme durch *J. Keränen* (im ersten Jahr durch *E. A. Hintika*) seit 1910 ins Werk gesetzt und in jährlichen Teilergebnissen veröffentlicht (2). Die Messungen werden 1923 zum Abschluß gelangen. *Keränen* hat auch ein neues, seit 1914 in Betrieb befindliches erdmagnetisches Observatorium im Norden Finnlands, in Sodankylä errichtet. Als Basisobservatorium diente ihm jedoch erst Pawlowsk bei Petersburg und später Potsdam. Sein Land ist reich an großen Störungen, die auf den großen Eisenerzgehalt zurückzuführen sind. Er dürfte in ursächlichem Zusammenhang mit den benachbarten Erzfeldern im schwedischen Kiruna- und Gällivare-Bezirk stehen. Auch der andere russische Randstaat Estland ist, und zwar von *Rosendal*, vermessen worden, doch sind die Ergebnisse noch nicht veröffentlicht.

Eine ausführliche Aufnahme besitzt Russisch-Polen durch *St. Kalinowski*. Auch sein Basisobservatorium war Potsdam, doch hat er kurz vor dem Kriege ein eigenes Observatorium in der Nähe von Warschau eingerichtet. Der nördliche Teil des Landes setzt die magnetische Störung der preussischen Provinz Ostpreußen (s. u.) noch fort. Die Ergebnisse sind noch nicht im Druck erschienen.

Aus dem Innern Rußlands ist vor allem von der äußerst genauen Aufnahme der magnetischen Anomalie von Kursk durch *E. Leyst* zu berichten. Sie währte nicht weniger als 25 Jahre und ist mit der ganzen großen Sachkenntnis dieses kurz danach verstorbenen Gelehrten durchgeführt. Auch sie harret noch der Veröffentlichung; nur ein als Manuskript gedruckter Auszug von der Hand *Leysts* ist in engerem Kreise verbreitet. Nirgends auf der Erde ist uns ein Gebiet bekannt, das auch nur annähernd so gewaltige Störungen aufweist wie diese Anomalie. Für alle erdmagnetischen Fachleute war es fraglos, daß nur der Erdoberfläche sehr nahes reichstes Eisenerz die Ursache der lokalen Magnetisierung sein konnte; jetzt ist es durch die Tageszeitungen bekanntgeworden, daß die bolschewistische Regierung tatsächlich das Erz in 140 m Tiefe erhöht hat. Ohne magnetische Messungen wäre in dieser Gegend nie nach Eisen gesucht worden, denn die Geologen fanden aus den oberflächlichen Anzeichen keinen Hinweis auf eine solche Änderung in der Tiefe.

Reges magnetisches Leben herrschte in den letzten Jahren auf dem Balkan. Das einzige Land, das hier eine magnetische Vermessung aus jüngster Zeit besaß, ist Rumänien (durch *Hepites*) (3). Im Kriege entstand nun zwischen den verbündeten Zentralmächten eine umfassende Organisation zur Vermessung des von ihnen besetzten Anteils der Balkanländer. Mit dem Sitz in Usküp und Nisch hatte sich innerhalb des deutschen Heeres eine Kommission, die „Mazedonische Landeskundliche Kommission“ gebildet, der auch der Verfasser dieses Berichts angehörte, und die ihn damit betraute, Messungen dieser Art vorzunehmen. Er bereiste hierzu Ostserbien, Nordgriechenland und einen kleinen Teil von Bulgarien. Die Ergebnisse erschienen bald nach dem Kriegsende, vermehrt um eine Anzahl Beobachtungen längs des Bosporus und der Dardanellen (4). Gleichzeitig maß Dr. *Schedler* von der österreichischen Heeresverwaltung den von dieser besetzten Anteil, also Westserbien, Albanien, Montenegro und wiederholt Bosnien, und *K. Popoff* von der Universität Sofia vollführte eine vollständige Aufnahme von ganz Bulgarien und der Dobradraha. Für alle drei Aufnahmen war Potsdam das Basisobservatorium, während das zu Pola die Variationen lieferte.

Durch die Abtretung Istriens an Italien ist dieses Land nunmehr Besitzer des Observatoriums zu Pola geworden und hat damit ein eigenes

Grundobservatorium erhalten. Der Urheber der älteren magnetischen Aufnahmen Italiens, *L. Palazzo*, hat daher den Plan einer Wiederholung gefaßt und schon mit einer Vermessung der Adrialänder begonnen (5).

Auch die iberische Halbinsel erfreut sich jetzt des Besitzes einer eingehenden magnetischen Vermessung, und zwar durch *R. Gil* und *U. Azpiazu*. Sie sind mit Apparaten deutschen Modells durchgemessen. Augenblicklich wird die schon veröffentlichte Aufnahme erster Ordnung durch weitere Messungen ergänzt, wobei besonders die räumlichen Änderungen der erdmagnetischen Elemente von einer Hauptstation zur nächsten durch Lokalvariometer Potsdamer Herstellung verfolgt werden. Allerdings bezieht sich das Gesagte nur auf den spanischen Teil der berregten Halbinsel (6).

Großbritannien, das schon zweimal in den letzten Jahrzehnten vermessen worden ist, hat ganz neuerdings eine dritte Vermessung vorgenommen (7). Von Belgien ist dem Verfasser nur bekannt, daß eine Landesaufnahme durchgeführt worden ist.

Auffällig ist, daß ein an der magnetischen Forschung so interessiertes Land wie Schweden noch nie eine vollständige magnetische Aufnahme erfahren hat. Wir kennen hier im wesentlichen nur Südschweden und die räumlich kleine, wenn auch intensive Anomalie des schon angeführten Gebietes um Kiirunavaara und Gellivaara im hohen Norden. Einen ersten Versuch der Ausfüllung der großen Lücke zwischen diesen beiden Gegenden bildet die im Jahre 1915 von *K. Molin* durchgeführte magnetische Aufnahme im mittleren Schweden (8). So ausgezeichnet sie angelegt ist, reicht sie doch noch lange nicht aus, um unsere magnetischen Kenntnisse von Schweden abzurunden. Daneben gibt es noch eine Vermessung — aber nur bezüglich der magnetischen Deklination — von *Ljungdahl* (9), die aber nicht viel Punkte umfaßt. Für Norwegen veranstaltete *A. S. Steen* eine, jedoch für das ganze Land noch nicht ausreichende Vermessung im Sommer 1902 (10). Eine neue Aufnahme soll geplant sein, ebenso für Schweden.

Auch bei uns in Deutschland wäre es an der Zeit, die magnetische Aufnahme von 1898 bis 1907 zu wiederholen, doch hier ist dies unter den augenblicklichen wirtschaftlichen Verhältnissen unseres Landes nicht möglich (11). Es ist aber inzwischen doch allerlei an magnetischen Vermessungsarbeiten geschehen. So erscheinen gerade eben die Ergebnisse der in den Jahren 1905 bis 1913 besorgten Deklinationsmessungen (im ganzen 4425 Stationen) in den gestörten Provinzen Ost- und Westpreußen, der größten Anomalie Mitteleuropas (12). Welche große Bedeutung gerade diese Anomalie für die Ergründung der Ursache aller derartigen Störungsgebiete besitzt, wurde in dieser Zeitschrift früher ausführlich klargestellt (13). Allerdings gehören dazu

dann auch Messungen der Intensitäten, und da es zurzeit aus den angeführten Gründen und auch dadurch erschwert worden ist, daß ein Teil des Gebiets an Polen abgetreten werden mußte, solche Intensitätsmessungen ebenfalls auszuführen, so ist im vergangenen Jahr wenigstens in einem kleinen Teilgebiet auch noch die Horizontal- und die Vertikalintensität von dem Verfasser gemessen worden. Kurz vor der Veröffentlichung stehen auch die von *K. Schering* und dem Verfasser in den Jahren 1910/1911 ausgeführten engeren Vermessungen in Hessen. Bei ihrer Verarbeitung konnten auch Beobachtungen des inzwischen verstorbenen Leiters des Observatoriums München, *B. Messerschmitt*, benutzt werden. Die von ihm hinterlassenen, noch unveröffentlichten Messungen Bayerns sind ebenfalls im Begriff reduziert zu werden.

Zu erwähnen ist noch, daß *O. Göllnitz* seine Aufnahme Sachsens durch eine Detailaufnahme abgeschlossen hat (14). Solche Aufnahmen im kleinen werden zurzeit in Deutschland in großer Zahl ausgeführt; über sie soll ein andermal berichtet werden.

So sind in Europa nur noch wenige Gebiete in der jüngeren Zeit unvermessen, nämlich ein großer Teil von Rußland, Mittel- und Nordschweden, die Schweiz, Griechenland, Portugal und Luxemburg.

Auch in Asien fällt der größte Teil der unvermessenen Gebiete naturgemäß auf Rechnung Rußlands, doch muß anerkannt werden, daß auch hier vieles in den letzten Jahren nachgeholt wurde (1). Eine moderne Vermessung besitzen Japan (15) (zurzeit sie wiederholend), Indien (16) nebst Hinterindien, soweit es englisch ist, und Holländisch-Indien (die dritte Aufnahme). In China griff wieder die Carnegie-Institution helfend ein.

Südafrika wurde von *Beatty* sehr eingehend vermessen (17). Ferner bewirkten die Engländer die Aufnahme von Ägypten, gestützt auf ihr neues Observatorium in Heluan (18). In den ostafrikanischen italienischen Kolonien hat *L. Palazzo* neuerdings Messungen angestellt (19). Auch die Franzosen haben in ihren afrikanischen Kolonien Reisebeobachtungen bewirkt (20).

In Südamerika scheint nur Brasilien (20a) selbständig tätig zu sein, während die anderen Staaten alles der Carnegie-Institution überlassen. Dagegen wird letztere Behörde in ihrem eigenen Lande kräftig von dem Coast and Geodetic Survey unterstützt, indem diese alljährlich magnetische Reisebeobachtungen vornimmt und in ihren Jahresberichten die Ergebnisse mitteilt (21). Von Zeit zu Zeit erscheint ein umfangreicher Band, welcher die Verteilung der magnetischen Linien in großen Karten nach dem neuesten Stand der Beobachtungen bekanntgibt (22). Ähnlich werden in regelmäßigen Abständen die betreffenden Karten für Alaska (23) von derselben Behörde veröffentlicht. Dieser Tage ist durch

O. Klotz und C. A. French die magnetische Aufnahme von Canada herausgekommen, den Raum zwischen beiden Ozeanen umfassend, jedoch nur in einem Streifen von etwa 5 Breitengraden, gezählt von der Landesgrenze gegen die Union nach Norden. In das unwirtliche Gebiet des höheren Nordens reichen begreiflicherweise nur einzelne Vorstöße (24).

Nordcanada kann füglich schon als ein Polarland angesprochen werden, und es dürfte zur Genüge bekannt sein, daß kein Forscher sich in diese Gebiete begibt — seien es nun arktische oder antarktische —, ohne daß er sich mit magnetischem Meßgerät versieht. Und da in der neuesten Zeit nach beiden Polländern zahlreiche Expeditionen unternommen worden sind, so ist es selbstverständlich, daß sie auch wertvolle Beiträge zur magnetischen Vermessung jener Gegenden geliefert haben. Im allgemeinen fällt aber das Hauptinteresse bei solchen Unternehmungen auf die Erforschung der zeitlichen erdmagnetischen Variationen, und die einer Aufnahme unterzogenen Flächen sind nicht so groß, daß wir sie hier unter den Landesaufnahmen aufzählen hätten. Einige dieser Expeditionen haben auch wertvolle Messungen auf hoher See vorgenommen, so auch die Deutsche Südpolar-expedition von 1901 bis 1903 durch ihren Magnetiker F. Bidlingmaier, die französische unter Charcot und die englische unter Mawson. Von letzterer sind soeben die Ergebnisse von C. Chree herausgegeben worden.

Australien fiel, wie schon gesagt, ganz der Carnegie-Institution zu, nur Neuseeland erfreut sich, durch C. C. Farr, einer einheitlichen Vermessung (25).

So sehen wir denn, daß die übrige Welt sich von der gewaltigen Leistung der Carnegie-Institution nicht entmutigen, sondern eher ermutigen läßt, auch ihrerseits an der wahrhaft internationalen Arbeit der magnetischen Aufnahme der Erde zu wirken und zu schaffen.

Literaturverzeichnis.

1. M. J. Tschetyrkin, Magn. Bestimmungen i. Gouv. Bessarabien. Ann. d. Obs. météor. et magnétique à Odessa (russisch), Odessa 1911.
B. W. Stankiewitsch u. W. K. Mironowitsch, Dsogl. i. Gouv. Cherson, Smolensk u. Kaluga. Ebenda (russisch) Odessa 1911.
D. A. Smirnow, Die magn. Elemente a. d. Linie von Warschau bis Wladiwostok. Bull. Acad. d. Sciences St. Petersburg 1910.
2. E. A. Hintika, Absolute erdm. Beob. in Finnland, Sommer 1910. Meteor. Zentralanstalt Bd. 1, Helsingfors 1911.
J. Keränen, Resultate magn. Beob. i. J. 1911, dgl. 1912, 1913, 1914, 1915, 1916. Helsingfors bis 1921.
3. St. C. Hepites, Contributiuni la Fizica globului. Hartili magnetice ale României. Analele Acad. Rom. Ser. II, 30, Bukarest 1908.
4. A. Nippoldt, Ergebn. d. deutschen erdm. Aufnahme i. d. Balkanländern i. d. J. 1917—1918. Meteorol. ZS. 1919.
5. L. Palazzo, Primi risultati di una recente campagna geomagnetica nella regione adriatica. Rend. Acad. dei Lincei 31, Rom 1922.
6. R. Gil y U. Azpiazu, Magnetismo terrestre. Talleres del Inst. Geogr. y Estadístico, Madrid 1919.
7. G. W. Walker, The magn. re-survey of the British Isles f. the Epoch Jan. 1. 1915. Phil. Trans. R. Soc. A. 219, London 1919.
8. K. Molin, Best. d. erdm. Elem. einiger Orte i. mittl. Schweden; Sommer 1915. Sv. Vetensk. Akad. Handl. 58, Nr. 10, Stockholm 1919.
9. G. S. Ljungdahl, Magnetiska Deklinationsbestämningar ar 1919 i Stockholms Norra Skärgård. Meteorol. Byran, Stockholm 1920.
10. A. S. Steen, Jordmagnetiske maalinge i Norge. Archiv f. Math. og Naturv. 26, Nr. 7, Kristiania 1904.
11. Ad. Schmidt, Die magn. Vermessung I. Ordnung d. Kgr. Preußen. Abhdl. Meteor. Inst. 4, Berlin 1914.
K. Hauffmann, Die magn. Landesaufnahmen im Deutschen Reich. Peterm. Mitt. 59, 1913.
12. Ad. Schmidt, Die magn. Deklination in West- u. Ostpreußen. Abhdl. Meteor. Inst. 7, Berlin 1922.
13. A. Nippoldt, Die neuen magn. Karten d. D. Reichs als Grundlage für geologische Forschung. Naturwissensch. 3, 1915.
14. O. Göllnitz, Die magn. Verm. d. Gebiets d. Freistaats Sachsen, Freiberg i. S. 1921.
15. A Magn. Survey of Japan for the Epoch 1913. o. Bull. Hydrogr. Off. 2, 1918.
16. Supplemente zu den jährl. Berichten der „Survey of India“, Dehra Dun Office, Trigon. Survey.
17. J. C. Beattie, Further magn. obs. in South Africa 1913—1915. Trans. R. Soc. S.-Afr. 5, Kapstadt 1917.
J. C. Beattie, From Cape to Cairo with a Magnetometer. Nature 83, 1918.
18. B. F. E. Keeling, Magn. Obs. in Egypt 1895—1905 with a summary of previous magn. work in Northern Africa, Cairo 1907.
19. L. Palazzo, La carta magn. del Benadir. Rom 1912.
L. Palazzo, Misure magn. in Eritrea. Ann. Uff. Meteor. e Geod. 35, I, Rom 1914.
L. Palazzo, La distribuzione della Forza magn. terr. nella media Eritrea. Rend. Accad. dei Lincei 24, Rom 1915.
20. N. Vilatte, Contributions à l'étude du magn. terr. dans le Sahara. Le Géogr. 25, 1913.
A. Angot, Réseau magn. de la France et du PAFrique du Nord (Tunisie, Algérie, Maroc) au 1er janv. 1911. Ann. bur. centr. météor., Paris 1911.
H. Roussilhe, Observations magn. au Congo. Ann. Hydrogr. 3, Paris 1918.
A. Angot, Obs. magn. dans le Soudan. Bericht d. Intern. Meteorol. Komm., Berlin 1910.
- 20a. Annuario publicado pelo Observatorio Nacional do Rio de Janeiro.
21. z. B. R. L. Faris, Results of Magn. Obs. made by the U. St. Coast and Geodetic Survey in 1913, Washington 1914.
22. z. B. L. A. Bauer, U. St. Magnetic Tables and Magn. Charts for 1905. Coast and Geod. Survey, Washington 1908.
23. D. L. Hazard, Alaska Magnetic Tables and Magnetic Charts for 1920. Coast and Geod. Survey, Washington 1920.
24. O. Klotz und C. A. French, Publications of the Dominion Observatory Ottawa; Magn. Results 1907—1920, Ottawa 1921.
25. C. C. Farr, A Magn. Survey of New-Zealand and some Outlying Islands f. the Epoch 1903.5 Wellington 1916.

Über objektive Demonstration der Brownschen Molekularbewegung.

Wie schon Perrin¹⁾ mitgeteilt hat, läßt sich die Brownsche Molekularbewegung an einem geeigneten Präparat und in einem vollständig verdunkelten Raume auf dem Projektionsschirm zeigen. Perrin benutzt als Lichtquelle die Sonne oder eine Bogenlampe, als Optik ein Immersionsobjektiv und ein starkes Okular. Als Präparat dient eine Mastixsuspension in Wasser mit Kugeln von einigen μ Durchmesser. Projiziert wird auf eine matte Glasscheibe, hinter welcher die Zuschauer sich befinden. Die Projektionsentfernung beträgt 8–10 m, entsprechend einer 8000–10 000fachen Vergrößerung. Perrin sagt an der angeführten Stelle nichts davon, ob er die Projektion mit Hell- oder Dunkelfeldbeleuchtung ausführt. Daß die Erscheinung an sich nicht besonders lichtstark ist, beweist die Anwendung der Mattscheibe. Der verhältnismäßig kleine Zerstreuungswinkel einer solchen Scheibe bewirkt, daß das auffallende Licht innerhalb eines kleinen Winkelbereichs von etwa 8–10° nach allen Seiten, von der Normalen aus gerechnet, sehr hell an das Auge des Beobachters weitergegeben wird. Außerhalb dieses Winkels nimmt aber die Intensität des projizierten Bildes ziemlich schnell ab. Die Folge ist, daß das Bild nur innerhalb eines zwar langen, aber seitlich eng begrenzten Gebietes des Zuschauerraumes genügend gut sichtbar ist.

Durch Wahl anderer Präparate als Mastixemulsionen ist es dem Verfasser gelungen, bedeutend lichtstärkere Projektionsbilder zu erhalten. Da eine gute objektive Darstellung der Brownschen Molekularbewegung für Lehrzwecke von großem Vorteil ist, dürfte eine Mitteilung über diese Präparate sowie die benutzte Apparatur auf allgemeines Interesse rechnen. Bei kleinen in Wasser schwebenden Teilchen wird die Helligkeit im Dunkelfeld oder der Kontrast im Hellfeld um so größer, je größer die Differenz der Brechungsexponenten zwischen Zerteilungsmittel (in unseren Fällen Wasser) und Teilchen ist. Der Brechungsexponent von Mastix ist für gelbes Natriumlicht gleich 1,54. Es gibt nun sowohl Glassorten als auch Kristalle, welche wesentlich höhere Brechungsexponenten aufweisen. Wenn es gelingt, aus solchen Stoffen Zerteilungen in Wasser zu erhalten, welche bei derselben Teilchengröße wie die von Perrin verwendeten Mastixkugeln die Brownsche Molekularbewegung zeigen, so ist ein bedeutend lichtstärkeres Projektionsbild davon zu erwarten.

Die Herstellung solcher Zerteilungen mit lebhafter Brownscher Bewegung ist nun viel einfacher, als man zunächst denken sollte. Es genügt, die Gläser oder Kristalle in einem Porzellan- oder besser Achatmörser zunächst trocken, fein zu pulverisieren und darauf mit destilliertem Wasser 10 bis 20 Minuten weiter zu verreiben. Filtriert man eine solche Zerreibung durch gewöhnliches Fließpapier, so bekommt man bei einer ganzen Reihe von Substanzen mit einem mittleren spezifischen Gewicht um 4 herum Suspensionen, die, um vollständigen Absetzen Tage gebrauchen. Die suspendierten Teilchen haben Durchmesser von 0,5 bis 5 μ und zeigen eine sehr deutliche Brownsche Bewegung.

¹⁾ J. Perrin, Die Brownsche Bewegung und die wahre Existenz der Moleküle (Deutsch von J. Donau). Sonderausgabe aus kolloidchem. Beihefte, herausgegeben von Wo. Ostwald, Bd. I, S. 6, Dresden 1910.

Es wurden folgende Zerteilungen ausprobiert:

	Brechung für Natriumlicht	Spezif. Gewicht
Schwerstes Barytkron	1,62	3,64
schweres Flintglas	1,78	4,99
Zinkblende	2,37	4,15
Anatas	2,56	3,83
Cuprit	2,71	5,9
Rutil	2,89	4,25
Zinnober	3,27	8,15
Antimonglanz	5,12	4,65

Die Anordnung für die Mikroprojektion der Brownschen Bewegung und die Art der Einstellung und Herichtung des Präparates war folgende. Das durch eine Linse von 50 mm Brennweite parallel gerichtete Licht einer 5-Ampère-Handregulierbogenlampe fiel nach dem Durchlaufen einer 2 cm starken Wasserschicht auf den Planspiegel eines vertikal gestellten Mikroskopes. Der Planspiegel warf das Licht nach oben in einen gut zentrierten Kardiodkondensor von Zeiß. Es wurde also Dunkelfeldbeleuchtung angewandt. Die weitere Handhabung ist dann ähnlich wie bei sonstiger Anwendung der Dunkelfeldkondensoren.



Fig. 1.

Einige Tropfen der zu benutzenden Zerteilung werden auf einen 0,95 mm starken Objektträger aus Glas gegeben und mit einem Deckglas von mittlerer Dicke (0,17 mm) bedeckt. Die Flüssigkeitsschicht darf dabei nicht übermäßig dick werden und muß frei von Luftblasen sein. Der Kardiodkondensor wird zunächst gesenkt, ein Immersionstropfen von destilliertem Wasser auf seine obere Fläche gebracht und das Präparat mit Tischfedern auf dem Objektisch festgeklammert. Jetzt bewegt man den Kardiodkondensor langsam aufwärts bis der Immersionstropfen eine dünne blasenfreie Berührungsschicht zwischen Kondensoroberfläche und unterer Fläche des Objektträgers bildet. Mit schwächerer Vergrößerung (Achromat 3 und Okular 1) wird nun subjektiv auf das vom Kardiodkondensor im Präparat entworfene Bild des Kraters eingestellt, durch Verstellung des Spiegels der leuchtende Fleck in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht, und durch geringes Heben und Senken des Kondensors möglichst hell, also möglichst punktförmig gemacht. Das Aussehen des richtig zentrierten Lichtfleckes zeigt Fig. 1.

Zur Projektion wurde die vereinfachte Ölimmersion von R. Winkel (numerische Apertur 1,0, Brennweite 2,2 mm) in Verbindung mit dem komplanatischen Okular Nr. 1 benutzt. Die Einstellung des Bildes mit Hilfe dieser Optik geht nach Ausführung der vorgenannten Zentrierung des Lichtfleckes leicht vor sich. Zum Einstellen wird das Bild zunächst einfach auf die Zimmerdecke geworfen. Da die Beobachtung nach der Decke hin etwas unbequem ist, kann das Bild durch ein rechtwinkliges totalreflektierendes Prisma, welches unmittelbar über das Okular eingeschaltet wird, um 90° abgelenkt und auf einen vertikalen Projektionsschirm geworfen werden. Von den obengenannten Substanzen ergab der Rutil die hellsten Bilder. Fast

gleichwertig zeigte sich der *Anatas*. Mit dem Antimonglanz wurden ungeachtet des hohen Brechungs-exponenten recht ungünstige Resultate erhalten. Seine sehr starke Absorption verursacht sehr starke Licht-verluste und hebt die Wirkung des sehr hohen Expo-nenten zum großen Teil wieder auf. Auch läßt die Haltbarkeit der Antimonglantzuspension zu wünschen übrig. Die Teilchen flocken schon nach 1 Tage voll-kommen aus und lassen sich durch Schütteln nicht wie-der genügend fein zerteilen. *Anatas*- und *Rutil*zertei-lungen sind dagegen sehr haltbar, wenn in Gefäßen aus Jenaer Glas aufbewahrt. Sie setzen erst in 1 bis 2 Tagen ab und bilden nur langsam Sekundärteilchen. Selbst nach mehreren Monaten können die abgesetzten Teilchen durch einfaches kräftiges Umschütteln wieder in eine für den vorliegenden Zweck brauchbare Sus-pension gebracht werden. Nach dem Umschütteln läßt man die entstandenen größten Teilchen etwa 1 Minute lang absitzen und kann dann aus der darüberstehen-den milchigen Flüssigkeit mit einem Glasstab einen Tropfen entnehmen.

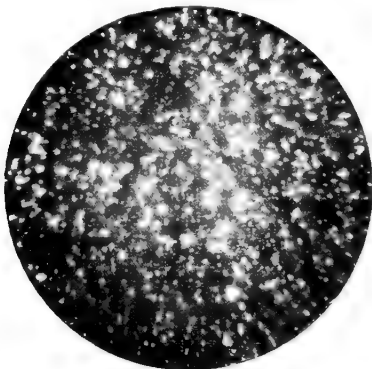


Fig. 2.

Bei Benutzung der *Rutil*-Zerteilungen kann ein ge-nügend helles Projektionsbild von etwa 10 000facher Vergrößerung auf 7 m Entfernung erhalten werden und zwar ohne Anwendung einer Mattscheibe unmittel-bar auf einer weißen Projektionswand. Ein für nicht zu großen Raum vorzüglich brauchbares Bild von 3000facher Vergrößerung wurde bei 2,2 m Schirm-abstand (gerechnet von der Mikroskopachse ab) er-halten. Benutzt man an Stelle einer weißen Projek-tionswand eine matte Glasscheibe und beobachtet durch diese hindurch gegen das ankommende Licht, so läßt sich die Erscheinung, selbst in einem nicht vollkommen dunklen Raume, noch bei 3—4 m Projektionsentfer-nung für einen Zerstreuungswinkel von 8—10° mit großer und für einen solchen von über 30° mit aus-reichender Helligkeit demonstrieren¹⁾. Als Beweis für die große Helligkeit der *Rutil*teilchen können die Fig. 2 und 3 dienen. Sie sind ebenso wie Fig. 1 bei nur $\frac{1}{100}$ sec. Belichtungszeit auf Ultra-Rapid-Platte von *Hauff* gewonnen. An Stelle von Okular 1 wurde Nr. 2 benutzt. Die Kameralänge betrug von Okularkopf bis Mattscheibe 170 mm, die Vergrößerung 250fach. Zwi-schen den Aufnahmen 2 und 3 liegt ein Zeitunterschied von 1 Minute. Die Originalnegative sind trotz der kurzen Belichtungs- und einer normalen Entwicklungszeit sogar ein wenig überbelichtet.

¹⁾ Für größere Entfernungen ist ein Aluminium-Projektionsschirm vorteilhaft zu verwenden, der wegen seines beschränkten Zerstreuungswinkels in breiten Räumen um die Vertikale gedreht wird.

Bedingung für die Erreichung einer maximalen Wirkung sind genaue Zentrierung und Fokussierung des Lichtflecks vom Kardiodkondensor in der Mikroskopachse und in der Präparatebene. An Stelle des Kardiodkondensors wurde der Paraboloidkondensor mit fast gleichem Erfolge benutzt. Natürlich kann jeder den genannten Kondensoren in der Lichtstärke gleichwertige Dunkelfeldkondensor Anwendung finden.

Auf kürzere Entfernung von 2 bis 3 m lassen sich die in Brownscher Bewegung begriffenen *Rutil*teilchen auch im Hellfeld projizieren. Hierzu genügt ein Kon-densor mit der numerischen Apertur 1,0 oder 1,2 mm. Als übrige Optik hat sich dieselbe wie vorher bewährt. Steht eine Ölimmersion der numerischen Apertur 1,25 oder 1,30 zur Verfügung, so wird diese am besten durch eine Einhängende auf 1,0 abgeblendet. Will man eine solche Immersion an Stelle der obengenannten bei Dunkelfeldbeleuchtung benutzen, so ist dieses sogar Bedingung. Für größere Entfernungen wird die Pro-jektion der *Rutil*teilchen vorteilhafter mit Dunkelfeld-beleuchtung ausgeführt.

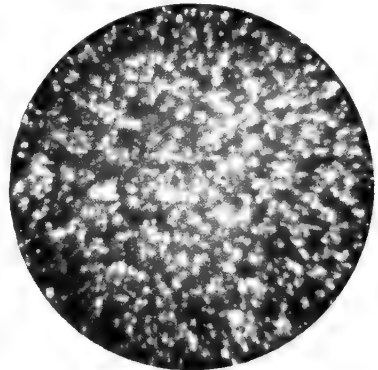


Fig. 3.

Der Umstand, daß die *Rutilsuspension* sehr ver-schieden große Teilchen enthält, ist für die Demon-stration sehr günstig. Man kann daran nämlich sehr deutlich sehen, daß die Lebhaftigkeit der Brownschen Bewegung mit zunehmender Teilchengröße abnimmt. Die größeren Teilchen von 3 μ etwa zeigen nur noch eine kleine Amplitude; gleichzeitig ist bei ihnen die Drehkomponente der Molekularbewegung zu beachten.

Für Dauerbeobachtungen wurde an Stelle des ge-wöhnlichen Objektträgers ein nach dem Vorbild der bekannten Zählkammern gebaute Beobachtungskammer von etwa 0,01 mm Tiefe benutzt. Die *Rutilsuspension* bleibt darin bis zu 24 Stunden brauchbar.

Gelegentlich der diesjährigen Naturforscherver-sammlung in Leipzig wurde einer großen Anzahl Be-sucher der Ausstellung von R. Winkel, Göttingen, die Projektion der Brownschen Molekularbewegung vorge-führt. Die Apparatur sowie brauchbare *Rutilsuspen-sionen* und Beobachtungskammern sind durch die vorgenannte Firma zu beziehen. A. Ehringhaus.

Besprechungen.

Hoffmann, Hermann, Die individuelle Entwick-lungskurve des Menschen, ein Problem der medizinischen Konstitutions- und Vererbungslehre. Berlin, Julius Springer, 1922. 56 S.

Bei der Entstehung des Körpers üben vor allem die in den wachsenden Organen selbst liegenden Eigen-schaften den bildenden Einfluß aus. Neben diesen

aber besteht form- und besonders qualitätsbildend die Einwirkung der verschiedenen Organe aufeinander. Die Stärke dieser Einwirkung ist verschieden nach der von ihnen ausgeübten Quantität und nach der Zeit ihrer Einwirkung. Vor allem durch die Drüsen mit innerer Sekretion (das endokrine System) wird sie ausgeübt, denn die Funktion dieser Drüsen scheint ausschließlich der Regulation der Körper- und Geistesnorm zu dienen, und nicht wie die aller übrigen Organe die innere Sekretion nur als Nebentätigkeit auszuüben. Daß es keine einzige Zelle des Körpers gibt, die nicht auf andere Stellen einen innersekretorischen Einfluß ausübt, dürfte wohl die logische Folgerung unseres modernen Wissens vom biologischen Zugehen im lebenden Organismus sein. Um den normalen Körper, einschließlich seiner geistigen Funktionen, zu bilden, muß eine ganz bestimmte Reihenfolge und eine ganz bestimmte Intensität der Wechselwirkungen eingehalten werden. Verschieben sich diese Faktoren gegen die für die Norm erforderlichen Verhältnisse, so kommen pathologische Bildungen zustande. Zu frühes und zu schnelles Ansteigen der Wirkung eines Organs kann mit zu frühem und zu schnellem Absinken seines Einflusses verbunden sein. Langsames Hervortreten der Wirkung kann bei geringer Intensität einen Ausfall erzeugen, bei großer Intensität langdauernden und besonders günstigen Effekt zur Folge haben. So kann man die konstitutionellen Vorgänge sich in der Form einer Kurve vorstellen, die entweder hoch und schnell abfallend, oder niedrig und lang, oder auch in jeder anderen Form verlaufen kann. Die Einwirkung der verschiedenen Organe aufeinander braucht nicht immer fördernd, sie kann auch hemmend sein, und es ergibt sich aus dieser Wechselwirkung eine Reihe von Kurven, die in eine allgemeine Konstitutionskurve zusammengefaßt werden können. Diese legt im Anfange die Evolution (den Anstieg), weiterhin die Involution (den Abstieg) dar. Langsamer Anstieg und niedriges Niveau vermögen den Infantilismus hervorzubringen. Dieser ist so gut wie nie allgemein, das heißt ein Zurückbleiben sämtlicher Körpergebilde auf früher Entwicklungsstufe, sondern fast stets partiell. Gewisse Organe werden auf früher Stufe abnorm lange zurückgehalten (Eunuchoidismus bei Infantilismus des Sexualapparates).

Gerade sowie die normale oder verschobene Entwicklung im Aufstieg und Abstieg des Körpers kurvenmäßig abläuft, verhält es sich mit den Vorgängen im Geiste. Hier ist die sexuelle Entwicklung, die in der Körperbildung nur ein Beispiel von vielen ist, der wichtigste Punkt. Die Pubertäts- oder Reifezeit ist mit ihrer Gärung bestimmend für das ganze Leben oder wenigstens eine wichtige Übergangszeit, aus der sich später die ruhigere Norm ableitet. Bei gewissen an der Grenze der Norm stehenden psychischen Veranlagungen kann die zu früh hervortretende Entwicklung in explosiver Weise verlaufen, so daß bei gleichzeitig schwacher Energie dieser Anlagen schnell ein Verpuffen und ein geistig ganz besonders schwungloser Lebensrest übrig bleibt. Die senile Involution ist bei der Frau an sichtbare Zeichen geknüpft als beim Manne und macht nach dem Aufhören der Menstruation nicht selten eine grundlegende Änderung des Charakters. Griesgrämige werden im Alter zuweilen heiter und frisch (*Hoffmann* führt als Beispiel *Schopenhauer* auf), Lebenssichere bösaartig, zänkisch, geizig, kleinlich. Nicht immer sind die äußeren Verhältnisse für die Umwandlungen verantwortlich zu machen, wie der allgemeine Menschenglaube es auf-

faßt, der die Fröhlichkeit des Alters auf strengerfüllte Pflichterfüllung während des Lebens bezieht, die Verbitterung des Alters als die Folge eines in Kummer und Sorge arbeitsreichen, aber wenig erfolgreichen Lebens ansieht: Hemmungen und Fortfall von Hemmungen, die Folgen endokriner Organwirkung, sind weit öfter die Ursache für die Geisteswandlungen im Laufe des Menschenlebens, wenn nicht etwa krankhafte organische Änderungen im Gehirn (Verkalkung der Gefäße) dafür verantwortlich zu machen sind. Noch unbekannt sind die anatomisch-physiologischen Grundlagen für die verschiedenen geistigen Veranlagungen, die in fließendem Übergang innerhalb der Norm sich halten, an der Grenze des Normalen sich bewegen oder — ins Krankhafte hinübergehend — zu abnormen Geisteszuständen führen können, oft in ausgesprochen gleichartiger Form das ganze Leben lang verlaufen, oft einander im Laufe der Jahre ablösen, und die von den Psychiatern als schizoide und als zylothyme (manisch-depressive) Veranlagung bezeichnet werden. Dieser Wechsel der geistigen Veranlagung kann, sogar mit entsprechender Änderung des Körperhabitus verbunden, beim einzelnen Menschen in verschiedenen Lebensaltern eintreten, er kann aber auch bei verschiedenen Gliedern derselben Familie isoliert vorhanden sein, je nach Hervortreten des einen oder des andern von den Vorfahren ererbten Typus.

Hoffmann vergleicht in diesem periodischen Rhythmus die einzelnen Individuen mit den „periodisch wiederkehrenden Blüten am Stamme der Keimbahn“. Hierbei zieht er die Steinachschen Versuche über den Temperamentwechsel bei Eierstock- und Hodeneinpflanzungen in vorher geschlechtslos gemachte Tiere heran. Die Periodizität ändert aber den Entwicklungsgang in seinen Tendenzen nicht, er erzeugt nur ein rhythmisches Schwanken in ihm. Der Wechsel der psychischen Erscheinungen kann durch das Hervordrängen der einen durch Erbgang eingepflanzten und bis dahin latent gebliebenen Veranlagung in späterer Lebenszeit zutage treten gegenüber der anderen bisher vorwiegend gewesenen und nunmehr zurücktretenden geistigen Einstellung (Wechsel der Dominanz). Alle diese Vorgänge entstehen nicht durch die Kombination bestimmter klar sichtbarer Erbeigenschaften und sind nicht durch einfache mathematische Berechnung zu fixieren. Es werden hier keine fixen Eigenschaften vererbt, sondern ein Nebeneinander von sichtbaren und von latenten, in verschiedenen Lebensaltern verschieden stark ausgebildeten, anwachsenden und absinkenden Qualitäten, deren jede einen kurvenmäßigen Verlauf hat. Nur relativ überwiegende Förderungsfaktoren kämpfen mit ebenfalls nicht absolut überwiegenden Hemmungsfaktoren. Hier ist nicht allein die Beobachtung des Einzelindividuums wichtig, dessen Beurteilung wird vielmehr erst ermöglicht durch die Vergleichung der verschiedenen psychischen Abläufe bei den Gliedern der ganzen Familie. Nicht nur die Qualität, sondern auch die Quantität der Anlagen, die einander fördern oder hemmen, ist für die somatische und psychiatrische Forschung von größter Bedeutung.

Felix Pinkus, Berlin.

Aberhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 9. Methoden zur Erforschung der Leistung des tierischen Organismus. Teil 1. Allgemeine Methoden. Zoologische allgemeine Methoden. Heft 2. Wien, Urban & Schwarzenberg, 1922. S. 97—438. 18 × 25 cm. Preis M. 240,—.

Im Rahmen des großangelegten Werkes wird der

Versuch gemacht, auf dem knappen Raume von 335 Seiten die zoologischen allgemeinen Methoden darzustellen. *Przibram* behandelt Auswahl, Beschaffung, Haltung bei verschiedenen Bedingungen und Markierung des lebenden Tiermaterials in erster Linie mit Rücksicht auf den Biochemiker. Zahlreiche Hinweise auf Bezugsquellen, knappe aber zureichende Beschreibungen von Fang- und Zuchtgefäßen, Aquarien, Terrarien, Regulier-, Meß- und Registrierverfahren für Feuchtigkeit, Dichte, Belichtung, Wärme des Mediums werden dem experimentierenden Biologen sehr willkommen sein. Der kurze Abschnitt von *V. Franz* über das methodische Sammeln von Tieren gibt nur das Allgemeinste; vor allem der Planktonfang wird kaum berücksichtigt. Die ausführlichere Darstellung der Konservierungsmethoden für zoologische Präparate von demselben Autor gibt für Tiersammler und Forschungsreisende nützliche Anweisungen. Sehr gut leitet *A. Koch* zur Präparation von Wirbeltieren zur Gewinnung von Häuten und Skeletten für spätere dermoplastische Verarbeitung und Aufstellung im Museum an. Auch auf die nötigen Messungen am frisch getöteten Tier und die wichtigen Aufzeichnungen beim Etikettieren und Führen des Tagebuchs wird hingewiesen. Befolgte jeder, der auf Reisen Tiere sammelt, die kurzen Anleitungen in diesem und dem vorhergehenden Kapitel von *Franz*, so könnte viel wertvolles Material für unsere Museen gewonnen werden, das infolge mangelhafter Erhaltung und ungenügender Aufzeichnungen entwertet in die Hände des Museumszoologen kommt. Daß *Heikertinger* in seinem Abschnitt über die Anfertigung wissenschaftlicher Zeichnungen sich auf einfachste Figuren für Zinkätzung beschränkt, ist schade. Wenn auch dieses Verfahren infolge seiner Leistungsfähigkeit und verhältnismäßigen Billigkeit gerade heute besonders wichtig ist, hätten die Anforderungen an Vorlagen für Reproduktion mit Halbtönen in Autotypie, Lichtdruck (auch Farbenlichtdruck) oder Steinzeichnung doch eine kurze Darstellung verdient. Für die Wiedergabe vieler Gegenstände sind diese Methoden doch nicht zu entbehren. Auch einige Bemerkungen über die Anfertigung für die Reproduktion geeigneter Photographien und Mikrophotographien möchten am Platze sein. In einem sehr lehrreichen Kapitel behandelt *Neumayr* ausführlich die Injektionstechnik und schildert Spritzen, eigens für die Injektion konstruierte Apparate, Herstellung und Anwendung der Injektionsmassen für verschiedene Zwecke bei Warm- und Kaltblütern. *Karl Peters* erläutert eingehend die gebräuchlichsten Verfahren der Rekonstruktion von Plattenmodellen, plastischen Ansichten und Schnittbildern bestimmter Richtung aus Serienschnitten. Orientieren des Objekts, Herstellung der Richtzeichen und der Serienschnitte, Verfertigung der Platten, ihr Ausschneiden, Zusammenfügen und die Überarbeitung des Modells, sodann auch die Verfahren der zeichnerischen Rekonstruktion, die bei den heutigen Plattenpreisen besondere Bedeutung haben und auch sehr Gutes leisten, werden klar vorgeführt. *Stempell* gibt einen Überblick über die zootomische Technik. Zunächst werden Instrumentarium, Tötungsweisen, Zergliedern, Aufheilen, Herstellung isolierter Hohlraumansätze, Methoden der Injektion, Skelettierung, Mazeration und Entkalkung allgemein aufgeführt. Dann wird in großen Zügen dargestellt, welche Methoden bei verschiedenen Tiergruppen anzuwenden sind und in welcher Reihenfolge zu verfahren ist, wenn man sich über den Bau eines Tieres durch Präparation

Auskunft verschaffen will. Dann behandelt *Spalteholz* unter Anführung genauer Rezepte das Durchsichtigmachen ganzer Tiere oder Teile tierischer oder pflanzlicher Körper mittels Durchtränkungs-gemischen, ein Verfahren, das, besonders verbunden mit auswählender Färbung einzelner Organe, sehr lehrreiche Präparate für Forschung und Demonstration liefert, wie durch drei schöne beigegegebene farbige Platten dargestellt wird. Den Schluß bilden Bemerkungen von *Heiker* über die Ermittlung der Nahrungspflanzen von Insekten.

Bei einer gedrängten Darstellung eines so breiten Gebietes, wie es diese Lieferung umspannt, liegt die Gefahr der oberflächlichen Behandlung nahe, welche die Methoden nur nennt, ohne wirklich Verfahren zu geben, die danach praktisch eingeführt werden können. Sie ist im allgemeinen geschickt vermieden worden, und Zoologen, Anatomen, Physiologen und Pathologen werden auch diesen Handbucheilteil dem Nützigen in dem Vieles zusammengetragen ist, was sonst nicht weit verstreut zu finden ist.

A. Kühn, Göttingen.

Rasmussen, Knud, In der Heimat des Polarmenschen.
Die zweite Thule-Expedition 1906/08. 1907/08. F. A. Brockhaus, 1922. VIII, 366 S., 76 Abbild. und 10 Karten. 16 x 23 cm. Preis geb. M. 15,00, n. h. Ganzleinen M. 19,00.—.

Seit mehr als tausend Jahren besteht eine rege Verbindung Europas und Grönlands. In die Letzte vor dem noch bestehende Unkenntnis über den Polarmenschen leuchtet das Buch *Knud Rasmussens* hinein. Gerade *Rasmussen* ist wie kein anderer dazu berufen. Denn er ist in Grönland geboren. Nicht nur das Leben der Polarmenschen rollt sich in seinen kennzeichnenden Zügen in dem Buche ab, auch die Umwelt der Eskimos, insbesondere die Tiere, die ihnen das Leben in den eisstarrten Gebieten erst ermöglichen, sind an erster Stelle geschildert. Durch seine wiederholten Reisen in Grönland, von denen die zweite Thule-Expedition ein Glanzstück geschildert wird, hat *Rasmussen* überraschende Forschungsergebnisse erzielt. Er konnte dies nur, weil er — als Erster — Eskimos als gleichberechtigte Mitglieder in seine Expedition aufgenommen hat, und weil er das ganze Leben seiner Expedition nach der Art des Polarmenschen eingerichtet hat. Nur dadurch war es *Rasmussen* mit seinen wenigen Gefährten möglich, da großen Erfolg zu haben, wo die nach der bisherigen Auffassung am reichsten ausgestatteten Forscher scheiterten. Zahlreiche charakteristische einfarbige und bunte Bilder nach Photographien und nach Originalzeichnungen sowie eine große Zahl Karten unterstützen den Text.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Zur Frage der Feinstruktur der Balmerlinien.

Die Messungen von *Gehrcke* und *Loh* über die Feinstruktur der H-Balmerlinien scheinen keinen Zweifel darüber zu lassen, daß bei der theoretischen Berechnung des Abstandes der Feinstrukturkomponenten nicht die *Lorentz-Einsteinsche* Massenformel für das Elektron zugrunde zu legen ist, sondern die aus der *Abrahamschen* Kaluglietheorie folgende. Hierin ist in dessen keine Widerlegung der speziellen Relativitätstheorie und Bestätigung der Absoluttheorie zu erblicken, sondern es zeigt sich nur, daß die Bedingungen für die Anwendbarkeit der speziellen Relativitätstheorie

¹⁾ *E. Gehrcke* und *E. Lau*, Ann. d. Phys. 67, 225, 1922.

theorie hier nicht gegeben sind: die Bewegung des Elektrons kann nicht mehr als „quasistationär“ angesehen werden, seine Gestalt entspricht daher nicht mehr der durch die augenblickliche Geschwindigkeit bestimmten Lorentzkontraktion. Für die wirkliche Gestalt des Elektrons sind seine inneren Kräfte maßgebend; über diese weiß man zwar nichts, indessen erscheint es durchaus verständlich, wenn bei Beschleunigungen von sehr rasch periodisch wechselnder Richtung die Lorentzkontraktion „nicht nachkommt“, so daß das Elektron praktisch kugelförmig bleibt.

Berlin-Charlottenburg, den 28. Dezember 1922,

W. Bothe.

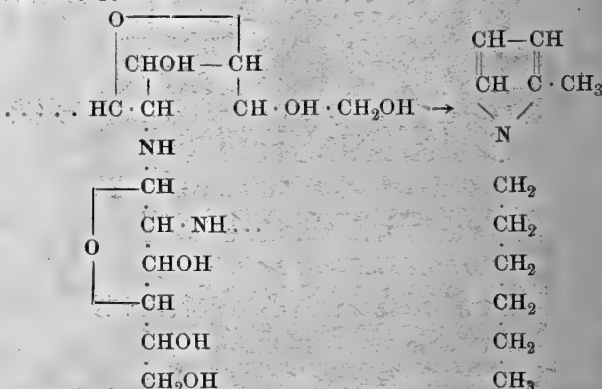
Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Einen aufsehenerregenden Befund über **Krebshaare** veröffentlicht in Nr. 45 der Münchener Medizinischen Wochenschrift der pathologische Anatom am Forschungsinstitut für Gewerbe- und Unfallkrankheiten in Dortmund, *Hermann Schridde*. Eine Eigentümlichkeit der Haarfärbung bei Magenkrebskranken war schon gelegentlich von Klinikern bemerkt worden. Aber erst bei einer systematischen Untersuchung aller zur Obduktion kommenden Fälle stellte *Schridde* als eine regelmäßig zu beobachtende Tatsache fest, daß von den Haaren des Kopfes und des Gesichts ein mehr oder weniger großer Teil eine rein tiefschwarze Färbung aufweist, und zwar erscheint das einzelne Haar nicht wie ein normales glänzend, sondern es ist vollkommen glanzlos, matt oder, wie man in Niedersachsen sagt, duff. Das Haar ist außerdem starrer, straffer als ein gewöhnliches und, wie es scheinen will, auch dicker. Wenn man ein solches Haar auf ein weißes Blatt Papier legt, so sieht es aus, als habe man mit tiefschwarzer Tusche einen Strich gezogen. Die Erscheinung tritt besonders stark in der Schläfengegend auf, gelegentlich auch an den Augenbrauen, dagegen nicht bei den Haaren des Körpers, die nicht dem Tageslicht ausgesetzt sind. Auffälligerweise fehlte die schwarze Pigmentierung nur bei Rothaarigen, was vielleicht darauf zurückzuführen ist, daß rotes Haar schon ein krankhaftes Pigment darstellt. Wie es scheint, geht mit der Pigmentierung der Haare auch eine solche der Haut des Gesichts und der Hände einher. Sehr merkwürdigerweise fehlt die Pigmentierung der Haare und der Haut bei Sarkomen; für Carcinomatöse aber ist sie so regelmäßig, daß *Schridde* die Diagnose auch ohne Kenntnis der klinischen Beobachtung vor Beginn der Obduktion stellen konnte und sich dabei niemals geirrt hat. Daraus ergibt sich, daß der Befund nicht nur für die Pathologie des Pigment-Stoffwechsels, sondern auch für die klinische Diagnostik von großer Wichtigkeit ist. S.

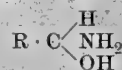
Aufbau des Chitins. Unter den in der Natur vorkommenden Kohlehydraten ist das *Chitin* von besonderem Interesse, da es als Gerüstsubstanz im Pflanzen- und Tierreich, bei Pilzen und Kephelopoden (Sepia-schulpen), in den Flügeln der Insekten und den Panzern der Crustaceen sehr verbreitet ist. Dank seiner leichten Zugänglichkeit in Hummer- und Krebschalen ist es dem früheren Straßburger Chirurgen *G. Ledderhose* schon vor 44 Jahren gelungen, daraus das *Glukosamin* darzustellen, neben dem als Baustein nur noch Essigsäure in Betracht zu ziehen ist. Die Konstitution des Glukosamins als 2-Amino-Hexose ist weitgehend aufgeklärt, dagegen hat man bisher über die

Art, wie die einzelnen Glukosaminreste miteinander verknüpft sind, nur einige kaum hinreichend gestützte Vermutungen gehabt.

Im Verlaufe seiner Untersuchungen über Polysaccharide, über die er selbst zusammenfassend in dieser Wochenschrift kürzlich berichtete, hat *P. Karrer* (Helv. Chim. Act. 5, 832) diese Frage geklärt und dabei wieder einmal seine hervorragende Kunst bewiesen, den prägnanten Versuch herauszufinden, der imstande ist, auch eine komplizierte Frage blitzartig zu erleuchten und zu klären. Durch Destillation mit Zinkstaub erhielt er aus dem Glukosamin das Chitopyrrol, $C_{11}H_{16}N$, das sich in seinen Eigenschaften und seinen Oxydationsprodukten (Maleinsäure und Hexylamin) als identisch erwies mit einem von ihm dargestellten 2-Methyl-1-n-hexylpyrrol



Damit ist erwiesen, daß die Verknüpfung der einzelnen Glukosamingruppen im Chitin ebenfalls durch die Stickstoffatome vor sich geht. Während die eigentlich polymeren Kohlehydrate zur Klasse der Acetale zu zählen sind, ist das Chitin und Chitosan in die Gruppe der Aldehydammoniakverbindungen einzureihen:



und damit stimmen die allgemein chemischen Eigenschaften von Chitosan und Chitin, ihre Empfindlichkeit gegen Säure und Beständigkeit gegen Alkalien vollkommen überein. S.

A geographical study of the Kangaroo Rats of California. (*Joseph Grinnell*, Univ. California Public in Zool. Vol. 24, Nr. 1, 1—124, Tab. 1—7, Textfig. A—X. Berkeley, Calif., 1922.) Die Kängurumäuse, Gattung *Dipodomys* Gray, sind eine gut umrissene Gruppe der Familie der Taschenmäuse, *Heteromyidae*, von typischem, springmausähnlichem Habitus. Die Familie, die mehr Beziehungen zu den Eichhörnchen als zu den Mäusen hat und zur Überfamilie *Sciuroidea* gehört, ist auf die Neue Welt beschränkt, und das Genus findet sich ausschließlich in wärmeren trockenen Teilen Nordamerikas, wo das Verbreitungszentrum in den südwestlichen Vereinigten Staaten liegt. Die größte Entwicklung hat es im Staate Californien erfahren: Hier kommen 33 Spezies und Subspezies, die Hälfte aller bekannten Formen, vor. Verf. beschränkt sich auf die Behandlung der kalifornischen Arten, von denen ihm ein reiches Material, nicht weniger als 2334 Exemplare zur Verfügung standen. Er gibt eine systematische Beschreibung der einzelnen Formen und sucht die Beziehungen zwischen Bau und Umwelt herauszuarbeiten: Formen des trockenen Klimas haben seidigere Haare als die des feuchteren Klimas der Küste. Auch sind sie heller als die anderen. Einen

guten Index für den Grad der Verdunkelung des Felles bildet die Schwanzfarbe, der dunkel mit weißen Seitenstreifen ist. Schmal ist dieser weiße Streifen bei den Feuchtklimaformen, breit bei denen der trockenen Gegenden, wo beim Extrem, der Wüstenform *D. deserti* Stephens, die beiden Seitenstreifen auf der Unterseite des Schwanzes zusammenfließen und dunkel nur der dorsale Streif bleibt. Mit Ausnahmen nimmt bei einer Gruppe näherer Verwandtschaft im Genus die Größe der Formen von Norden nach Süden hin und von den Bergen nach der Ebene hin ab. Kleine Ohrmuschel findet sich bei Formen des offenen Geländes, große bei solchen im Buschgelände. Verbunden mit der Ausbildung eines kleinen Ohres ist — mit Ausnahmen — eine Auftreibung der Mastoid- und Tympanalregion des Schädels, somit eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit des inneren Ohres. Schlanker Hinterfuß findet sich bei Formen des offenen, gedrungener Hinterfuß bei solchen des buschigen oder grasigen Geländes. Sowohl die sandbewohnende Wüstenart *deserti* Stephens wie die in Gegenden mit reichem Schneefall vorkommenden Formen *leucogenys* Grinnell und *columbianus* Merriam besitzen eine kräftige Behaarung der Fußsohle. Die Reduktion der ersten Zehe scheint ein orthogenetischer Charakter zu sein, der unabhängig bei verschiedenen Verwandtschaftskreisen vorkommt und sogar bei Individuen der gleichen Art in verschiedenem Grade der Entwicklung auftreten kann. (Demgemäß ist die auf Reduktion der ersten Zehe begründete Abtrennung der Gattung *Perodipus* Fitzinger nicht haltbar.) Beziehungen dieses Charakters zu ökologischen oder anatomischen Verhältnissen ließen sich nicht feststellen. Ebenso wenig ließen sich derartige Beziehungen finden bei der relativen Schlankheit des Schwanzes oder der Behaarung seiner Endquaste.

Keine Kängurumaus schwimmt und Wasser bildet eine Verbreitungsschranke. Eine Ausnahme macht der Coloradofluß, in dessen Lauf beim Steigen und Fallen des Wassers die einzelnen Kanäle ihre Lage ändern und so die gleiche Landmasse bald mit dem einen, bald mit dem anderen Ufer in Verbindung steht. Keine der Küsteninseln beherbergt Kängururatten, sei es, daß diese niemals in hinreichender Anzahl dorthin durch passive Verbreitung gelangten, sei es, daß sie seit der Trennung der Inseln vom Festland, im früheren Pleistocän, dort wieder erloschen sind.

Die Gattung ist ausgesprochen südlich. Verbreitet in der unteren und oberen sonorischen Region, dringt sie wohl in die Nachbarregion ein, doch fehlt sie völlig in der kanadischen, hudsonischen und arktischen Region. Jede Art hat ihre Hauptverbreitung in der unteren oder der oberen sonorischen Region und keine kommt in zwei benachbarten Regionen in der gleichen Häufigkeit vor. Temperaturdifferenzen scheinen also eine wirksame Verbreitungsschranke zu sein. Sind die Tiere auch im allgemeinen an trockenes Klima angepaßt, so bildet doch Bewölkung, hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft, ja selbst mäßiger Regenfall kein absolutes Verbreitungshemmnis, wie das Vorkommen eines ziemlich großen Bestandes in der feuchten Gegend von Morro und Montereybay beweist. Bei der grabenden Lebensweise in Verbindung mit der trotzdem geringen Fähigkeit zu graben, sind die Tiere beschränkt auf das Vorhandensein von lockerem Boden, wie er in der Regel mit Mangel an Regen verbunden ist. Sand vom Wind zusammengeweht, bildet den bevorzugten Grund für die meisten Arten.

C. Zimmer.

Die neuen Methoden der Konservierung saftreicher Futterstoffe. (W. Völz, *Fühlings landw. Zeit.* Jg. 71, H. 9/10, S. 161—177, 1922.) Da die Beschaffung genügender Mengen eiweißreicher Futtermittel aus dem Auslande infolge unserer Valuta nicht möglich ist, sind wir darauf angewiesen, das erforderliche Futterprotein hauptsächlich in der eigenen Wirtschaft zu erzeugen. Dazu ist erforderlich, daß die vorhandenen Wiesen und Weiden vermehrt und verbessert werden und der Futterbau mehr ausgedehnt wird. Ferner ist eine Verbesserung der Ernte- und Konservierungsmethoden, besonders eine sachgemäße Sauerfütterbereitung anzustreben. Künstliche Trocknung kommt, da sie zu kostspielig ist, nur beschränkt in Betracht, dafür ist der Einsatz von wasserreicher Pflanz- und Pflanzenteile erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Die neueren Methoden, die schon vielfach auch in Deutschland angewandt werden, sind die Einsäuerung in Silos nach amerikanischem Muster, in Gärkammern nach schweizer Art und in Gruben silos bzw. in gemauerten, wasserundurchlässigen Gruben. Die Silos nach amerikanischem Muster haben große Vorteile gegenüber den älteren Methoden. Die Nährstoffverluste sind sicher nur halb so groß und weniger, aber man kann auf einfachere und billigere Weise zum Ziele kommen. Die zweite Methode in Gärkammern nach schweizer Art hat sich nicht bewährt und ist der amerikanischen Methode schon deshalb nachzustellen, weil hierbei wesentliche Verluste an verdaulichem Eiweiß entstehen. Über die sogenannte Elektrokonservierung sind die Ansichten noch geteilt. Da es sich bei allen diesen Konservierungsmethoden in erster Linie darum handelt, den Sauerstoff der Luft möglichst fern zu halten und Versickern von Säure zu verhindern, so sind nach Verf. zementierte und undurchlässige, mit säurefestem Anstrich versehene Gruben am besten geeignet, weil sie billiger herzustellen und zu beschicken und leichter undurchlässig zu machen sind als oberirdische Silos. Bedingung für den Erfolg sind völlige Undurchlässigkeit der Gruben, feste Lagerung und gute Abdeckung des Futters. Die Energie, die z. B. bei der Elektrokonservierung aufgebracht wird, um höhere Temperaturen zu erhalten, kann gespart werden. Es ist irrig zu behaupten, daß eine Milchsäuregärung nur bei 40—50° C möglich ist. Die grünen Pflanzen sind mit Milchsäurebakterien behaftet, die schon bei 5—10° C gut gedeihen. Eine Einsäuerung geschnittener Futterrüben und Rübenblätter gelang einwandfrei unter 10° C. Es ist also wichtig, die Fermentation bei niederen Temperaturen verlaufen zu lassen, was durch festes Einstampfen und Festtreten des Futters erreicht wird. Auf diese Weise kann mit geringsten Verlusten an Nährstoffen, besonders dem so wertvollen, fehlenden, verdaulichen Rohprotein gerechnet werden. *Pescheck, Humeln.*

Die Entwicklung der Menschenrassen im Lichte der Hormontheorie. Rassenstatus und Körperform. (Arthur Keith, *Bull. of the Johns Hopkins Hosp.* Bd. 33, Nr. 376, S. 195—201, 1922.) In einem seiner Vorträge an der John Hopkins Universität erläutert Keith seine Ansicht, daß die Rassenunterschiede der Menschen in Unterschieden der Hormonsysteme bestehen, an einer Reihe von Beispielen. Er spricht die Beziehungen der Hypophyse zu Akromegalie und Riesenwuchs wie überhaupt zu Unterschieden der Größe und des Wachstums. Die charakteristischen Skelettmerkmale des erwachsenen Gorilla beruhen nach seiner Ansicht auf derselben Grundlage wie der akromegale Typus. Innerhalb des Menschengeschlechts scheint die Sondergestalt-

tung der europäischen Rassen durch Hormone der Hypophyse bedingt zu sein, während der Mongolentypus vielleicht durch Besonderheiten der Schilddrüsenfunktion, der Negertypus durch solche der Nebennieren bedingt sei. Auch der krankhafte Mongolismus und die Achondroplasie sollen auf Störungen der Schilddrüsenfunktion beruhen, weil klinische Berührungspunkte mit dem Kretinismus bestehen. Unter den Anthropoiden soll der Orangutang dem Mongolentypus entsprechen. Innerhalb der negerartigen Rassen soll die relative Mongolenähnlichkeit der Hottentotten durch die Eigenart ihrer Schilddrüsenfunktion bedingt sein, der Fettsteiß bei Buschmann und Hottentottenweibern, der in Parallele zur Dystrophia adiposo-genitalis gesetzt wird, durch Besonderheiten der Keimdrüsenfunktion. Die Überschlankheit der Nilotiker soll der gewisser Eunuchen westenverwandt sein. Auch die Rassenunterschiede in den sekundären Geschlechtsmerkmalen sollen durch Besonderheiten der Hormone bedingt sein. Unterschiede im Eintritt der Reife bei verschiedenen Rassen werden mit der vorzeitigen Pubertät bei Tumoren und Nebennieren und mit dem Infantilismus infolge mangelhafter Funktion von Hypophyse und Nebennieren verglichen. Auch zur Lebensdauer der verschiedenen Rassen sollen Beziehungen bestehen.

Im ganzen sind diese Vorträge Keiths weniger als Mitteilungen feststehender Tatsachen wie als geistreiche Anregungen zu bewerten. Man wird dem Verf. durchaus zustimmen können, daß die Rasseneigentümlichkeiten zum großen Teil in Besonderheiten der inneren Sekretion bestehen. Die Hormonsysteme stellen selbsttätige Wachstumsmechanismen dar, welche gleich allen Eigentümlichkeiten lebender Wesen erblich und variabel sind. Nicht aber wird man seine Auffassung über die ursächliche Entstehung dieser Mechanismen teilen können. Neue Eigentümlichkeiten erscheinen zuerst *in utero*; später werden sie als neue Eigentümlichkeiten des erwachsenen Alters fixiert. Hier scheinen dem Verf. unklare Vorstellungen über die Gesetze und Möglichkeiten der Vererbung vorgeschwebt zu haben. Die eigentlichen Ursachen der Rassenunterschiede können nicht Hormone sein; diese sind vielmehr selber erst Rasseneigentümlichkeiten.

Lenz, München.

Pflanzenkulturversuche mit künstlichem Licht. (Höstermann, Biedermanns Zentralbl. Jg. 51, H. 7, S. 189—191, 1922.) Im Treibhaus wurden 60 cm hoch über dem Versuchsbeet elektrische, mit Wiskottreflektoren versehene Lampen angebracht. Die Beleuchtungsstärke der Pflanzen betrug 300—900 Lux, und zwar senkrecht unter den Lampen 900 und bis zum Beetrand abnehmend bis auf 300 Lux. Die Lampen brannten täglich von der Abenddämmerung an 6 Stunden lang. Es konnte ein günstiger Erfolg der künstlichen Beleuchtung bei Treibsträuchern, Treiberdbeeren und Kopfsalat beobachtet werden. Von Mitte November ab beleuchteter Kopfsalat war bereits nach 18 Tagen so weit, wie nur mit Tageslicht belichteter nach 4—6 Wochen. Günstige Wirkung wurde auch bei Bohnen und *Lathyrus odoratus* erzielt. Erdbeeren brachten Mitte März große, süße, aromatische Früchte. Einen günstigen Erfolg hatte die Beleuchtung ebenfalls während der Treibperiode im November bis Januar

auf das Frühtreiben von Flieder, Schneeball, Mandelbäumchen, Zierapfel und Rosen. (Originalmitteilung in: Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingen. Nr. 21, 1922.)

Dörries, Berlin-Zehlendorf.

Über die „Sprache“ der Bienen. (Karl v. Frisch, Münch. med. Wochenschr. Jg. 69, Nr. 21, S. 781—782, 1922.) Die Arbeit v. Frischs schließt sich an frühere über das gleiche Thema eng an (vgl. diese Berichte 2, 219; 8, 123). Verf. untersucht das Problem, wie Bienen ihren Stockgenossinnen mitteilen, daß sie eine reiche Fruchtquelle entdeckt haben und wie sie die Lage der Fruchtquelle auffindbar machen. Durch äußerst genaue Versuche wird folgendes festgestellt. Haben Bienen eine reiche Trachtquelle entdeckt, so führen sie im Stock besondere Werbetänze aus. Daraufhin schwärmen die Stockgenossinnen aus. Ferner übermitteln die heimkehrenden Bienen den Duft der beflügten Blüten und machen so die ergiebige Fruchtquelle mit Sicherheit kenntlich. Der Blütenduft haftet eine Zeitlang dem Bienenkörper an, wodurch dieser Nachrichtendienst sehr leistungsfähig wird. Außerdem schwängern die sammelnden Bienen die weitere Umgebung des Futterplatzes (der Trachtquelle) mit dem Geruch ihres eigenen Duftorgans und leiten so die suchenden Stockgenossinnen zu der eigentlichen Trachtquelle hin. — Besondere Untersuchungen stellte v. Frisch noch darüber an, ob der sog. „hohe Flugton“ der Bienen, auch als „lockender Flugton“ bezeichnet, eine Bedeutung für das Auffinden von Trachtquellen hat. Auf Grund seiner Versuche kommt Verf. zu völlig negativen Ergebnissen, d. h. von einer anlockenden Wirkung war nichts zu beobachten. Damit ist eine Behauptung, die jahrhundertlang in der Immenliteratur kursierte, endlich als unhaltbar erledigt worden. Die vorliegende Arbeit ist nur ein kurzer Auszug; die ausführliche Darstellung der Untersuchungen erschien im Verlag von Fischer, Jena, als Buch.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Die „aktuelle Reaktion“ der Gewebe bei Bromthymolblau. Eine Methode zur Erkennung des wirklichen Todes. (Silvio Rebello, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. Bd. 86, Nr. 11, S. 615—618, 1922.) Verf. hat den Gedanken aufgenommen, die Reaktion direkt im Gewebe mittels Clarkscher Indikatoren zu messen. Zunächst gelang es ihm, nur grobe Unterschiede damit festzustellen, u. a. die Säuerung der Gewebe unmittelbar nach dem Tode, die mit seiner Methode gemessen, auch in Abwesenheit des Arztes den Tod zu erkennen gestattet und somit für forensische Zwecke verwandt werden kann.

Bromthymolblau mit dem Farbumschlag gelbblau zwischen pH 6 und 7,6 erwies sich als besonders geeignet. Zwei feste entfettete Seidenfäden werden, der eine in eine Lösung von 0,1 g Br in 15 ccm Alkohol, der andere in eine Lösung von 0,1 g Br in 15 ccm Alkohol, der 1,6 $\frac{1}{10}$ n-NaOH enthält, getaucht, so daß der eine Faden gelb, der andere blau gefärbt ist. Mit einer starken Nadel werden beide Fäden durch eine Hautfalte, z. B. des Oberschenkels gezogen und 1 Stunde im Gewebe gelassen. Ist dasselbe tot, so bleibt der eine Faden gelb, der andere blaue Faden wird gelb.

Fritz Müller, Frankfurt a. M.

Berichte über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaften

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von H. BRAUS in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 4. (Seite 49—64.)

26. Januar 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Der gegenwärtige Stand der Erdbebenforschung (Seismologie). Von E. Tams, Hamburg. S. 49.

Eine neue Form des natürlichen Systems. Von K. Krause, Berlin-Dahlem. S. 60.

Besprechungen:

Berg, Ragnar, Die Vitamine. Von Wilhelm Stepp, Gießen. S. 63.

Geiringer, Hilda, Die Gedankenwelt der Mathematik. Von P. Bernays, Göttingen. S. 64.

Als Ergänzung zu den „Naturwissenschaften“ erscheint soeben:

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Herausgegeben von der Schriftleitung der Naturwissenschaften

Der erste Band umfaßt 25 Bogen in Lexikonformat und wird den Beziehern der „Naturwissenschaften“ zu einem Vorzugspreise geliefert.

Der erste Band enthält die folgenden Arbeiten:

Die Fortschritte der Astronomie im Jahre 1921, von

Dr. R. Prager, Neubabelsberg.

Relativitätstheorie, v. Professor Dr. Hans Thirring,
Wien.

Statistische Mechanik, von Professor Dr. Paul Hertz,
Göttingen.

Neuere Untersuchungen über kritische Zustände
rasch umlaufender Wellen, von Professor Dr.
R. Grammel, Stuttgart. Mit 15 Abbildungen.

Der Nernstsche Wärmesatz, von Professor Dr.
A. Eucken, Breslau. Mit 2 Abbildungen.

Wärmestrahlung, von Professor Dr. F. Henning,
Berlin-Lichterfelde.

Kontaktpotential, von Professor Dr. Alfred Coehn,
Göttingen.

Chemische Kinetik (Reaktionsgeschwindigkeiten), von
Professor Dr. Max Bodenstein, Hannover.

Photochemie, von Professor Dr. Max Bodenstein,
Hannover.

Die neuen Wandlungen der Theorie der elektroly-
tischen Dissoziation, von Oberregierungsrat Dr.

Friedrich Auerbach, Berlin. Mit 1 Abbildung.

Röntgenstrahlenspektroskopie, von Professor Dr.
M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf. Mit 1 Ab-
bildung.

Fortschritte im Bereich der Kristallstruktur, von
Professor Dr. A. Johansen, Berlin.

Fortschritte der Atom- und Spektraltheorie, von
Dr. Gregor Wentzel, München. Mit 3 Ab-
bildungen.

Der heutige Stand der Theorie der Bandenspektren,
von Professor Dr. A. Kratzer, Münster. Mit
4 Abbildungen.

Lichtelektrische Wirkung und Photolumineszenz,
von Professor Dr. Peter Pringsheim, Berlin.

Das periodische System der chemischen Elemente,
von Professor Dr. Fritz Paneth, Berlin. Mit
6 Abbildungen.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 800.— M. für Februar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 250.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurflur 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Wichtig für alle Bezieher der „Naturwissenschaften“

Der Bezugspreis für die „Naturwissenschaften“ für das Inland beträgt

M. 800.— für Februar 1923

zuzüglich M. 120.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, oder M. 1,50 Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter. (Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.)

Auslandspreise für das I. Quartal 1923 bei portofreier Zustellung: Argentinien 2,50 Pap.-Pes. — Belgien 14,50 Fr. — Brasilien 7,20 Milr. — Bulgarien 100-Leva. — Chile 7,20 Pes. — Dänemark 6,50 Kr. — Finnland 28 M. — Frankreich 14,50 Frs. — Griechenland 14,50 frz. Frs. — Großbritannien 6 sh. — Holland 3,60 Fl. — Italien 18 Lire. — Japan 6 sh. — Jugoslawien 40 Dinár. — Luxemburg 14,50 Fr. — Mexiko 1,50 amer. Doll. — Norwegen 7,20 Kr. — Portugal 22 Milr. — Rumänien 110 Lei. — Schweden 5 Kr. — Schweiz 7,20 Fr. — Spanien 7,20 Pes. — Tschechoslowakei 22 Kr. — Ver. Staaten 1,50 Doll.

Bestellungs- und Zahlungsweise:

1. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher durch den Buchhandel bezogen haben, wollen sich wegen des weiteren Bezugs und der Bezahlung an ihre Buchhandlung wenden.
2. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher direkt vom Verlag unter Streifband zugesandt erhielten, werden gebeten, den Betrag von M. 800.— zuzüglich M. 120.— für Porto sofort auf Postscheckkonto Julius Springer, Berlin 20120, unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ Februar 1923 einzuzahlen.
3. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher direkt beim Verlag bestellten und von diesem durch das Postzeitungsamt überwiesen erhielten, wollen den Bezugspreis für Februar 1923 M. 800.— zuzüglich M. 1,50 für Bestellgebühren umgehend unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ Februar 1923 auf Postscheckkonto Julius Springer, Berlin 20120 einzahlen.
4. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher auf ihrem Postamt bestellten, tun gut, die Bestellung sofort bei ihrem Postamt bzw. Briefträger zu erneuern, damit keine Unterbrechung in der Lieferung eintritt. Die Zahlung für das Abonnement ist bei dieser Bezugsart an das Postamt zu leisten.

Der hohen Postgebühren wegen kann Rechnungszusendung in Zukunft nicht mehr erfolgen, diese Aufforderung ist vielmehr als Rechnung zu betrachten. Im Interesse der pünktlichen Lieferung der „Naturwissenschaften“ ist sofortige Bezahlung des Bezugspreises unter ausdrücklicher Angabe „Naturwissenschaften“ Februar 1923 unbedingt notwendig. Für etwa notwendig werdende Mahnungen müssen Rechnungsspesen in Anrechnung gebracht werden.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Der gegenwärtige Stand der Erdbebenforschung (Seismologie).

Von E. Tamm, Hamburg.

Vorwort. In der einleitenden Übersicht zu einer für diese Zeitschrift geplanten Reihe von einführenden Aufsätzen über den gegenwärtigen Stand der geologischen Forschung (diese Zeitschr. 1922, S. 782) habe ich der Verfasserin Frau Babnoff der Erdbebenkunde mit Recht einen besonderen Platz angedeutet, da sie sich nicht nur in der Geologie wurzelt und auf sie sich aufbaut, sondern auch Erkenntnisse, methodische Ansätze bedarf sie andererseits, um zu einer richtigen Beurteilung der Vorgänge im Erdinneren, derjenigen der Herdtiefe, über sich hinaus zu verhilfen. So schwer es zuwider der Richtung, die der Meeresräumwissenschaftlich-mathematisch-physikalischen Methoden, und der Naturwissenschaften solche Arbeitsweisen zur Anwendung zu bringen wächst in dem Maße, wie immer mehr die Fortschritte der Instrumentellen Seismischen Beobachtung, die ja selber ein sehr spezifisches geophysikalisches Gepräge trägt, das Tatsächliche immer umfassender, zuverlässiger und feiner wird, ganz abgesehen davon, daß eines der wichtigsten Probleme wie die Erkennung des Erdbebens seitens der Seismologie ja überhaupt nur auf diesen Wege zu behandeln ist.

So hat sich denn die Lehre von den Erdbeben im Laufe der letzten Jahrzehnte mehr und mehr als eine selbständige Disziplin geologisch-physikalischen Charakters entwickelt. Doch wird diese junge Wissenschaft zu darin tun, ihre Verbindung mit der Geologie nicht aus dem Auge zu verlieren. Schon der enge genetische Zusammenhang zwischen Erdbeben und tektonischen und vulkanischen Vorgängen zwingt unabwieslich — will man nicht Gefahr laufen, oft ausschlaggebende Gesichtspunkte außer acht zu lassen — die Pflege der geologischen Seite sich wohl zu zeigen sein zu lassen. In den folgenden Zeilen soll ein Bild von der zurzeit erreichten Entwicklungsstufe der Seismologie entworfen werden, wobei dann auch zugleich das soeben bezüglich der Methode nur Angedeutete noch im einzelnen klarer herauszutreten wird.

1. Einleitung und Orientierung über die instrumentellen Grundlagen.
2. Die Erdbebenwellen als Mittel zur Untersuchung des Erdkörpers.
 - a) Die tieferen Erdpartien.
 - b) Die Oberflächenschichten.
3. Herdtiefe und Intensität.
4. Ursache und Verbreitung der Erdbeben.

5. Häufigkeit der Erdbeben.

6. Anzeichen des Erdbebens.

7. Schluss.

1. Einleitung und Orientierung.

Die Erdbebenkunde

von Z. Babnoff

aus der geologischen Fakultät

der Universität Hamburg

und der geologischen Fakultät

der Universität Göttingen

erschienen in der

Zeitschrift für Naturwissenschaften

Band 11, Heft 1, 1923

Verlag von Julius Springer

Berlin, 1923

Preis 1,50 M.

Postfach 11, Hamburg

Vertrieb durch alle Buchhandlungen

und Verlage

und durch die Verlagsanstalt

der Zeitschrift für Naturwissenschaften

in Hamburg

Verlag von Julius Springer

Berlin, 1923

Preis 1,50 M.

Postfach 11, Hamburg

Vertrieb durch alle Buchhandlungen

und Verlage

und durch die Verlagsanstalt

der Zeitschrift für Naturwissenschaften

in Hamburg

Verlag von Julius Springer

Berlin, 1923

Preis 1,50 M.

Postfach 11, Hamburg

Vertrieb durch alle Buchhandlungen

und Verlage

und durch die Verlagsanstalt

der Zeitschrift für Naturwissenschaften

in Hamburg

Verlag von Julius Springer

Berlin, 1923

Preis 1,50 M.

Postfach 11, Hamburg

Vertrieb durch alle Buchhandlungen

und Verlage

und durch die Verlagsanstalt

der Zeitschrift für Naturwissenschaften

in Hamburg

Verlag von Julius Springer

Berlin, 1923

Preis 1,50 M.

Postfach 11, Hamburg

Vertrieb durch alle Buchhandlungen

und Verlage

und durch die Verlagsanstalt

der Zeitschrift für Naturwissenschaften

in Hamburg

Es war lehrreich, den elementaren Gegenstand dieser Disziplin zu weit abzuführen, wenn wir uns hier doch näher mit den Konstruktionsprinzipien der Seismographen und der bei Vollständigkeit recht verwickelten Theorie ihrer Wirkungsweise befassen wollten. Wenige allgemein orientierende Bemerkungen mögen daher in dieser Beziehung genügen.

Bei den schwingenden Bewegungen, die ein Bodenteilchen infolge irgendeines fernen Bebens

ausführt, kommt es, wie die Erfahrung gelehrt hat, in erster Linie auf die Linearverschiebungen an, während ihnen gegenüber Neigungen ganz zurücktreten. Zu einem erfolgreichen Studium der ersten Bewegungsart ist aber, da die Verschiebung natürlich nach jeder beliebigen Richtung im Raum erfolgen kann, ihre Zerlegung in drei Komponenten, nämlich zwei horizontale (am zweckmäßigsten eine nord-südliche und eine ost-westliche) und eine vertikale oder zenitale, erforderlich. Der Aufzeichnung der Horizontal-komponenten dienen die *Horizontalseismographen*, derjenigen der Vertikalkomponente die *Vertikalseismographen*. Beiden Klassen von Apparaten liegt die Idee des Pendels zugrunde; den Horizontalseismographen dient als Grundtypus das gewöhnliche Vertikalpendel, den Vertikalseismographen ein an einer Spirale aufgehängter Körper, der nur vertikale Führung besitzt. Im einzelnen aber können in jeder Klasse ganz verschiedene Konstruktionen ausgeführt werden. In beiden Fällen verharret die Pendelmasse bei sehr schnellen (streng genommen, unendlich schnellen) Bodenverrückungen im stationären Zustand, gerät aber bei weniger schnellen Bewegungen auch ihrerseits in Schwingungen, die dann zwecks Befreiung der dem Apparat durch den Erdboden aufgezwungenen Schwingungen von den lediglich den Apparat charakterisierenden Eigenschwingungen durch eine besondere Einrichtung gedämpft werden. Die Relativbewegung zu dem als starr mit dem Erdboden verbunden zu denkenden Pendelgerüst wird schließlich durch ein Hebelwerk mechanisch, d. h. in Ruß oder mit Tinte, oder auch durch einen Lichtstrahl photographisch in starker Vergrößerung aufgezeichnet. Wegen der bei Ruß- oder Tinteschreibung in den Hebelgelenken und auf der Registrierfläche auftretenden merklichen Reibungswiderstände müssen, wenn man eine große Empfindlichkeit erreichen will, entsprechend große Trägheitsmomente, also bei gedrängter Bauart schwere Massen zur Anwendung kommen, was bei der reibungslos vor sich gehenden optischen Registriermethode nicht erforderlich ist. In umfassender und für die Zukunft bestimmender Weise wurde in streng mathematisch-physikalischer Darstellung eine „Theorie der automatischen Seismographen“ zuerst von E. Wiechert 1903 gegeben. Diesem Autor sowie C. Mainka und dem russischen Seismologen B. Galitzin verdanken wir auch die zurzeit leistungsfähigsten Apparate, nämlich ein schweres umgekehrtes Pendel (*astatisches Pendelseismometer*) und ein schweres Horizontalpendel (*bifilares Kegelpendel*) zur mechanischen und ein leichtes Horizontalpendel mit *elektromagnetisch-galvanometrischer Übertragung* der Schwingungen zur optischen Aufzeichnung der horizontalen Bewegung sowie desgleichen hochempfindliche mechanisch oder galvanometrisch-optisch schreibende *Vertikalseismographen*.

Solche modernen Apparate liefern von einem

hinreichend starken Erdbeben auch in der größten auf der Erde möglichen Entfernung von 20 000 Kilometern noch bedeutende Diagramme, wodurch zugleich der Nachweis erbracht ist, daß die ausgesprochenen Großbeben mikroseismisch die ganze Erdoberfläche sehr erheblich betreffen. Und andererseits sind auch makroseismisch mehr lokal wahrnehmbare, rein oberflächliche Erderschütterungen noch bis zu Herdabständen von einigen Hunderten von Kilometern instrumentell zu verfolgen, wie neuerdings wieder die Explosionskatastrophe von Oppau im September 1921 gelehrt hat, deren Schütterwellen merklich noch in Göttingen und München, d. i. in 262 bzw. 307 km Entfernung registriert wurden; hier betrug in diesem Fall die tatsächliche Bodenschwingung von einem Umkehrpunkt zum andern im Maximum der Größenordnung nach nur noch $\frac{1}{2}$ bis 2 Tausendstel Millimeter bei einer Wellenperiode von etwa 2 sec. Ein Messinabebeben am 28. Dezember 1908 bewirkte dagegen in Hamburg in rd. 1800 km Entfernung allein horizontal eine Maximalbewegung von mindestens 4 mm (Wellenperiode: 23 bis 26 sec) und noch in dem um 17 100 km entfernten Apia auf Samoa Schwingungen der Bodenteilchen von $\frac{1}{10}$ mm Weite (Wellenperiode 20 bis 23 sec).

2. Die Erdbebenwellen als Mittel zur Untersuchung des Erdkörpers.

a) *Die tieferen Erdpartien.* Eine derartige Verfeinerung der Beobachtungsmethoden ließ nun mit Erfolg an eine befriedigendere und vollständigere Beantwortung der Fragen über die Natur und Ausbreitung der Erdbebenwellen durch den Erdkörper herantreten. Es zeigte sich sogleich, daß in Übereinstimmung mit der Elastizitätstheorie ein klares Seismogramm in seinen ersten Teilen deutlich zwei verschiedene Wellenzüge, einen longitudinalen mit Schwingungen der Bodenteilchen in der Fortpflanzungsrichtung und einen transversalen mit Schwingungen senkrecht dazu aufweist, und daß die Geschwindigkeiten dieser beiden Wellengattungen entsprechend der v. Schmidtschen Auffassung mit der Tiefe wachsen. Einen direkten Beweis für den longitudinalen Charakter der sogen. *ersten Vorläufer* oder *P-Wellen* (undae primae) und den transversalen Charakter der sogen. *zweiten Vorläufer* oder *S-Wellen* (undae secundae) erbrachte zuerst B. Galitzin: in Arbeiten der Jahre 1909 bis 1911 legte er im einzelnen dar, daß die Annahme, es handle sich bei der ersten Vorphase um longitudinale Kondensations- und Dilatationswellen, aus den drei Bewegungskomponenten des ersten Einsatzes eine recht genaue eindeutige Bestimmung des Azimuts des ankommenden Wellenstrahls zuläßt, sofern nur die erste eingetretene Bodenverrückung klar zur Aufzeichnung gelangt ist, wie dies namentlich bei den aperiodisch eingestellten Galitzinschen Seismographen mit galvanometrischer Fernregistrierung der Fall ist; und ferner konnte er in mehreren Beispielen aus dem

ersten Einsatz der zweiten Vorphase im Seismogramm das Azimut auch dieser Bodenverrückung berechnen und hieraus (in Verbindung mit dem für den ersten Ausschlag der ersten Vorphase ermittelten Azimut) den Winkel, den die Schwingungsebene bei den zweiten Vorläufern mit der durch Herd, Station und Erdzentrum gehenden Hauptebene bildete.

Ein anderer bedeutsamer Erfolg war es ferner, als es *H. Benndorf* (1905 und 1906) und *E. Wiechert* (1907) gelang, die Methoden zu entwickeln, nach denen man auf Grund der doch nur an der Erdoberfläche anstellbaren seismometrischen Beobachtungen in das Erdinnere selbst eindringen, d. h. Weg und Geschwindigkeit der Erdbebenwellen in den Tiefen des Erdkörpers ermitteln kann. Das Ausgangselement für diese Überlegungen ist die *Laufzeit* T der Vorläuferwellen, d. i. die Zeit, welche eine solche Welle vom Stoßzentrum zu irgendeinem Beobachtungsort des Schütterbereichs gebraucht, in ihrer Abhängigkeit von der Herdentfernung oder auch von der *Epizentraldistanz* Δ , wenn bei Vernachlässigung der (2% des Erdradius wohl kaum überschreitenden) Herdtiefe an die Stelle des *Herd* oder *Hypozenentrums* das senkrecht über ihm in der Erdoberfläche angenommene *Epizentrum* tritt. Dieser Zusammenhang von T und Δ , welcher der Beobachtung verhältnismäßig leicht zugänglich ist und somit empirisch am einfachsten in einem rechtwinkligen Koordinatensystem etwa mit T als Ordinate und Δ als Abszisse in der Form einer *Laufzeitkurve* dargestellt werden kann, und die grundlegende Bedeutung einer möglichst genauen Kenntnis solcher Laufzeitkurven für die Erforschung des Erdinnern sind in einführender Weise schon oft beleuchtet worden, so daß sich hier ein näheres Eingehen auf diese Frage erübrigen dürfte.

Der Übergang von den Geschwindigkeiten v_l und v_t der longitudinalen und transversalen Wellen zu der Dichte ρ des von ihnen durchteilten Mediums und dessen Elastizitätskoeffizienten, der *Kompressibilität* $1/K$ (K = Kompressionskoeffizient oder Modul der Volumenelastizität) und der *Rieghkeit* R (auch Starrheitskoeffizient oder Modul der Gestaltelastizität) ist durch die Formeln:

$$K = \rho \left(v_l^2 - \frac{4}{3} v_t^2 \right)$$

$$\text{und} \quad R = \rho v_t^2$$

gegeben. Kennt man die Dichte nicht, so läßt sich aus den Geschwindigkeiten nur die sogen. *Elastizitätszahl* (auch *Poissonsche Zahl* oder Modul der Querkontraktion)

$$q = \frac{v_l^2 - 2 v_t^2}{2 (v_l^2 - v_t^2)}$$

berechnen. Der zurzeit letzten Arbeit der *Wiechertschen Schule* über die Konstitution des Erdkörpers aus der Feder von *B. Gutenberg* (1914), welche auch noch eine auf *K. Zöppritzs* zurückgehende, auf den Intensitätsverhältnissen

der Vorläuferwellen fußende Weiterentwicklung der ursprünglichen Methode benutzte, kann das folgende Bild der Geschwindigkeitsverteilung entnommen werden:

v_t (v_t) wächst von dem Werte 7,17 km/sec (4,01) an der Oberfläche zunächst sehr rasch auf 11,80 (6,59) in 1200 km Tiefe, dann wesentlich langsamer auf 12,22 (6,86) in 1700 km und auf 13,29 (7,32) in 2450 km Tiefe, um nun bei geringem Abfall auf 13,15 (7,20) bis 2900 km Tiefe konstant zu bleiben, hier aber plötzlich auf 8,50 (4,72) zu sinken und sodann bis zum Erdmittelpunkt wieder auf 11,10 (6,15) anzusteigen. Für Tiefen größer als 2480 km wurde freilich angenommen, daß v_t zu v_l in dem konstanten Verhältnis von 1:1,8 stände. Es entspricht dies dem für den Erdkörper nicht unwahrscheinlichen Wert von 0,277 für q ; denn in den Tiefen bis 2450 km liegt diese Größe zwischen 0,272 und 0,282. (Für Schmiedeeisen und Stahl beträgt ihr Wert etwa 0,28.) Auch stehen hiermit die in großen Epizentraldistanzen gemachten Beobachtungen verschiedener Welleneinsätze in gutem Einklang. Hiernach heben sich im Erdinnern zwei Unstetigkeitsflächen, nämlich in 1200 km und 2900 km Tiefe, besonders deutlich heraus.

Nehmen wir nun als mittlere Dichte des 1200 km mächtigen Mantels, der als eine *Gesteinschale* vorzustellen ist, $\rho = 3,4$ an, so kann weiter nach den Berechnungen von *W. Klußmann* (1915) für die 1700 km dicke Zwischenschicht $\rho = 8,0$ und für den rd. 3500 km im Radius messenden Kern $\rho = 9,2$ gesetzt werden, so daß man hinsichtlich der Zusammensetzung bei der Zwischenschicht wesentlich an Eisenerze und beim Kern an Eisen, Nickel, Kobalt selbst zu denken hätte. (Vgl. hierzu die näheren petrographischen Ausführungen von *V. M. Goldschmidt* in dieser Zeitschrift 1922, S. 918 ff.) Mit den mittleren Geschwindigkeitswerten von rd. 9,5 bzw. 5,3 für den Mantel, 12,6 bzw. 7,0 für die Zwischenschicht und 9,8 bzw. 5,4 für den Kern ergeben sich sodann aus den mitgeteilten Formeln in cgs-Einheiten *Kompressibilität* bzw. *Rieghkeit* im Mittel:

für den Mantel zu: $5,6 \cdot 10^{-13}$ bzw. $1,0 \cdot 10^{12}$

für die Zwischenschicht zu: $1,8 \cdot 10^{-13}$ bzw. $2,9 \cdot 10^{12}$

und für den Kern zu: $1,9 \cdot 10^{-13}$ bzw. $2,7 \cdot 10^{12}$

Hiernach nimmt zwar, wie zu erwarten war, infolge des wachsenden Druckes mit zunehmender Tiefe die Kompressibilität stark ab und die Rieghkeit zu, doch unterscheiden sich Zwischenschicht und Kern in ihrem elastischen Verhalten kaum voneinander; ihre Kompressibilität ist rd. 4mal geringer, ihre Rieghkeit rd. $3\frac{1}{2}$ mal größer als beim Stahl, für den die entsprechenden Werte $7,3 \cdot 10^{-13}$ und $0,8 \cdot 10^{12}$ betragen. Der Gesteinsmantel dagegen besitzt im ganzen nur etwa die gleiche Rieghkeit wie Stahl und eine um nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ kleinere Kompressibilität. Die geringe Kompressibilität der tieferen Partien ist aber ein Hinweis darauf, daß dieselben aus anderen Substanzen bestehen müssen als die peripherischen Zonen; denn die

hohe Dichte namentlich des Erdkerns kann somit nicht lediglich durch Komprimierung der Oberflächenmaterialien hervorgerufen worden sein, deren Dichte in der äußeren sedimentären Hülle, der Stratosphäre, sogar nur 2,6 bis 2,8 beträgt. In der Tat ist ja auch die errechnete mittlere Kerndichte 9,2 gleich der Dichte des nur wenig komprimierten Eisens, Nickels und Kobalts. Im übrigen aber haben die für den Kern abgeleiteten Werte der Elastizitätsmoduln nur einen bedingten

Wert, da ja hier ν einfach gleich $\frac{v}{1,8}$ gesetzt wurde. Auch deuten neuere Beobachtungen darauf hin, daß der oben für die Kernoberfläche angegebene bedeutende Sprung in der Geschwindigkeit vielleicht nicht unwesentlich geringer ist. Indessen besteht doch im ganzen eine gute Übereinstimmung mit den Riegeitskoeffizienten, welche W. Schweydar 1921 aus der Deformation der Erde durch Flutkräfte sowie aus der Periode der Polbewegung abgeleitet hat. Die gezeitenwirksame Starrheit der Erde ist hiernach (allerdings unter Voraussetzung der stetigen Roche'schen Dichteverteilung) gleich $1,7$ bis $1,8 \cdot 10^{12}$, und allgemein ergibt sich für den Riegeitskoeffizienten bei Annahme einer stetigen Abhängigkeit vom Mittelpunkt Abstand nach Art des Dichtegesetzes von Roche der Wert $3,1 \cdot 10^{12} \left[1 - 0,9 \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$, wo R den Erdradius und r die Entfernung der gerade betrachteten Schicht vom Erdzentrum bedeutet, d. h. also für den Erdmittelpunkt ($r = 0$) $3,1 \cdot 10^{12}$. Die für die Ableitung dieser Formel notwendige Kenntnis des Wertes der Oberflächenstarrheit ($r = R$: $0,3 \cdot 10^{12}$) wurde aus Beobachtungen über die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen in den obersten Erdschichten gewonnen.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Strahlenbahn im Erdinnern zu geben, sei noch erwähnt, daß z. B. ein bis 2450 km Tiefe eindringender Strahl beider Vorläufer an der Erdoberfläche in rd. 8500 km Entfernung vom Epizentrum wieder auftaucht und die Laufzeit für den ganzen Weg 12,1 bzw. 21,7 Minuten beträgt, je nachdem es sich um longitudinale oder transversale Wellen handelt. Dem äußersten Strahl, welcher noch ganz im Mantel verläuft, also eine maximale oder Scheiteltiefe von 1200 km erreicht, entspricht eine Epizentraldistanz von rd. 4500 km und eine Laufzeit von 8,0 bzw. 14,2 Minuten. Zum Durchlaufen eines ganzen Erddurchmessers benötigen die Longitudinalwellen 20,4 Minuten. (Ausführlichere Angaben hierüber sind in dieser Zeitschrift 1920, S. 993 ff. von C. Mainka gemacht worden.)

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der beiden Vorläufer in den Oberflächenschichten, welche oben zu 7,17 bzw. 4,01 km/sec angegeben worden war, stellt sich nach neueren Untersuchungen allerdings als nicht unwesentlich geringer dar. So fand C. Zeißig aus Registrierungen süddeutscher Beben für die ersten Vorläufer nur 6,3

km/sec, O. Hecker aus den Aufzeichnungen der Explosionskatastrophe von Oppau 5,73 und A. de Quervain aus Beobachtungen bei Schweizer Beben für die ersten Vorläufer sogar nur 5,10 bis 5,25 und für die zweiten Vorläufer 3,00 bis 3,10.

Das Vorhandensein von Unstetigkeitsflächen in rd. 1200, 1700 und 2500 km Tiefe konnte S. Mohorovičić in einer ganz unabhängig ausgeführten Arbeit (1916), welche außerdem noch eine Unstetigkeit in 2000 km Tiefe ergab, bestätigen. Überdies scheinen nach diesem Autor in den obersten Erdschichten weitere Diskontinuitäten in 5½ km, 30 bis 35 km, sodann sehr ausgesprochen in 50 bis 60 km, ferner in 120 km und vielleicht auch in 400 km Tiefe zu bestehen. Auch Mohorovičić geht dabei aber von einer wesentlich niedrigeren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen nächst der Oberfläche, nämlich von dem Werte 5,54 km/sec aus, der in rd. 60 km Tiefe erst auf 5,8 angewachsen sein, hier aber einen Sprung auf etwa 7,9 erleiden soll. — Die Diskontinuität in 120 km Tiefe würde gut mit der Lage der aus Schwerkraftsbeobachtungen zu folgernden Ausgleichsfläche in eben dieser Tiefe harmonisieren; denn nach der Lehre von der isostatischen Anordnung der Massen in der Erdkruste sind erst hier die namentlich in den Kontinenten und Ozeanen sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten an der Erdoberfläche auskompensiert, in dem Sinne, daß über nicht zu kleinen Teilen der Niveaufäche in dieser Ausgleichstiefe überall gleiche Massen lagern. Andererseits ist aber zu bedenken, daß der Betrag von 120 km nur einen ungefähren Mittelwert für diese Tiefe darstellt, von dem regional sehr wohl Abweichungen bis zu 100 km vorkommen mögen.

Auch im übrigen herrscht bezüglich der Struktur der Erdkruste noch keineswegs volle Klarheit. So glaubt z. B. Wiechert aus der Natur gewisser Wellen der Hauptphase mit rein horizontalen Schwingungen quer zur Fortpflanzungsrichtung auf die Eigenschwingungen einer äußeren, meist in 30 bis 40 km Tiefe von einer sehr nachgiebigen Magmaschicht unterlagerten Erdrinde schließen zu können, was wieder an die eine bereits oben erwähnte, unabhängig von Mohorovičić wahrscheinlich gemachte Diskontinuitätsfläche erinnert, während nach den von W. Schweydar ausgeführten Beobachtungen über die körperlichen Gezeiten und die Polbewegung der Erde geschlossen werden muß, daß unter einer 120 km dicken Erdkruste eine zusammenhängende Schicht zäher Flüssigkeit nicht vorhanden sein kann. Wie weit sich dieses Ergebnis ändern würde, wenn als Mächtigkeit der Erdrinde auch hier nur 30 bis 40 km angesetzt würde, bedürfte indessen wohl noch einer besonderen Untersuchung. — Zum Schluß dieses Abschnitts sei endlich noch auf eine erst 1919 erschienene sehr eingehende Arbeit von C. G. Knott über die Ausbreitung der Erdbebenwellen hingewiesen, welche, allerdings nur auf den älteren auf das Jahr 1907 zurückgehenden

Laufzeitangaben von Zoeppritz und Geiger fußend, im großen ein etwas anderes Bild von der Konstitution des Erdkörpers entwirft, indem ein elastisch fester Mantel bis zur Tiefe von ungefähr der halben Länge des Erdradius in eine Zone abnehmender Festigkeit übergeht und so schließlich einen Kern mit einem Radius gleich 0,4 Erdradius umfaßt, der vermutlich als nichtstarr und als merklich kompressibel zu betrachten sei.

b) *Die Oberflächenschichten.* Die sich längs der Oberfläche ausbreitenden *Haupt- und Nachläuferwellen* in einem Seismogramm, werfen nun noch in anderer als in der schon oben angedeuteten Weise Licht auf die Natur der obersten Schichten. Auch die Geschwindigkeit dieser Wellen ist naturgemäß von den Elastizitätskoeffizienten der von ihnen durchteilten Schollen abhängig, und so ist es von großem Interesse, festzustellen, ob in dieser Beziehung etwa merkliche Unterschiede zwischen den kontinentalen Schichten und den ozeanischen Böden vorhanden sind. Der Verfasser dieser Zeilen konnte zeigen, daß dieses in der Tat der Fall ist; denn er erhielt aus einem Material von 95 bzw. 112 Einzelbeobachtungen im Mittel für die Geschwindigkeit der Hauptwellen am Boden des pazifischen Ozeans $3.897 \text{ km/sec} \pm 0,028 \text{ m. F.}$ und durch Europa-Asien sowie Amerika $3.801 \text{ km/sec} \pm 0,029 \text{ m. F.}$ Und G. Angenheister fand gleichzeitig (1921), indem er noch zwei verschiedene Arten der Hauptwellen voneinander zu trennen suchte, allerdings nur auf Grund von 2 Beben und von Beobachtungen an 4 Stationen einen Unterschied in demselben Sinne, aber von sogar rd. 20 %. Jedenfalls dürfte somit der ozeanische Boden die Oberflächenwellen schneller fortleiten als der kontinentale, was dadurch seine Erklärung finden kann, daß infolge des Entwicklungsganges der Großformen im Erdantlitz jener nach seiner physikalischen Beschaffenheit den tieferen Erdschichten näher steht als dieser. Auf die gleiche Erklärung weist der Umstand hin, daß nach demselben Autor auch die ersten bzw. zweiten Vorläufer bei einer Epizentraldistanz von 670 km, welcher eine maximale Tiefe der Strahlenwege von nicht über 50 km entspricht, unter dem Pazifik eine um 13 bzw. 25 sec kleinere Laufzeit besitzen als unter Europa. Schließlich deuten auch die Perioden der Nachläuferwellen auf eine Abhängigkeit von der Natur der zwischen Epizentrum und Station liegenden Krustenteile; denn auch nach Angenheisters Angaben ergibt sich von neuem wieder für den Pazifik eine Periode von rd. $17\frac{1}{2} \text{ sec}$, dagegen für Asien von nur rd. $14\frac{1}{4} \text{ sec}$, woraus dann weiter hypothetisch, unter der Annahme, daß es sich hierbei um Eigenschwingungen der obersten Erdkruste handele, und unter Benutzung der entsprechenden Geschwindigkeitswerte, die Dicke dieser Kruste unter dem Pazifik zu etwa 35 bis 40 km und unter Asien zu etwa 28 km berechnet werden kann.

Analoge, indessen noch nicht geklärte Zusammenhänge sind nach Untersuchungen von O. Hecker, B. Gutenberg und O. Geußenhainer zweifellos zwischen diesen Faktoren und der sogen. *mikroseismischen Unruhe* vorhanden, jenen schwachen, vielfach ganze Erdteile zu gleicher Zeit betreffenden Bodenoszillationen, die, selten ganz fehlend, besonders mit Wellenperioden von etwa 4 bis 10 sec den Registrierlinien der Seismographen ein charakteristisches, gleichförmig unruhiges Gepräge geben und deren Ursache in Änderungen der Luftdruckverteilung über größeren Gebieten wie wohl namentlich auch in der Brandung an Steilküsten zu suchen ist. Aber auch geologische Momente im engeren Sinne, wie die Tektonik auf dem Wege vom Herd zur Station, sodann die lokalen Strukturverhältnisse im Herd- und Stationsgebiet und die Gesteinsbeschaffenheit in diesem, stehen, wie H. Reich dargetan hat, in enger Beziehung zur Intensität der Hauptphase eines Seismogramms. Für die Stärke der mikroseismischen Bodenunruhe scheint, abgesehen von der Lage zur Störungsquelle, die Tektonik des Stationsgebietes ausschlaggebender als seine lithologische Beschaffenheit zu sein.

Die Oberflächenwellen bieten aber auch sonst noch einiges Interesse. Man kann in den Aufzeichnungen starker Beben neben den auf dem kürzeren Bogen zwischen Epizentrum und Station eingetragenen Wellen W_1 auch vielfach diejenigen Wellen W_2 feststellen, welche die Station auf dem längeren, über den Gegenpunkt des Epizentrums oder das sogen. *Antiepipentrum* führenden Bogen erreicht haben, und weiter solche W_1 - und W_2 -Wellen, welche, nachdem sie das erstmal an der Station eintrafen, nun die Erde noch einmal ganz umkreisen, um als W_1 - bzw. W_2 -Wellen die Station zum zweitenmal zu erreichen. Im Antiepipentrum findet auf diese Weise wie in einem Brennpunkt jedesmal wieder eine Sammlung der Energie der Oberflächenwellen statt. Nach einem vollen Umlauf um die Erde, zu dem etwa 3½ Stunden benötigt werden, ist aber infolge der unterwegs stattgefundenen Absorption die Energie auf 0,01 bis 0,02 % ihres ursprünglichen Betrages gesunken, während sie sich im Antiepipentrum immerhin noch auf 4 % ihres Anfangswertes beläuft. Es entspricht dies einem Absorptionskoeffizienten der oberen Erdschichten von rd. 0,000 28 auf das Kilometer. Ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser verschiedenen Wellenzüge bekannt, so kann man aus ihrem Auftreten im Seismogramm einer Station annähernd auch die Epizentraldistanz berechnen, wofür erst neuerdings K. Mack einfache Formeln aufgestellt hat.

3. Herdtiefe und Intensität.

Die Verbindung zwischen der physikalischen und der geologischen Seite der Erdbebenforschung wird nun besonders auch durch das Problem der *Herdtiefe* hergestellt. Eine

zuverlässige Kenntnis dieser Größe wird naturgemäß die Überlegungen über die Ursache eines Bebens, d. h. über den Zusammenhang seiner Entstehung mit dem geologischen Bau des von ihm betroffenen Gebietes erheblich sicherer gestalten, ja letzthin überhaupt erst zu einem gewissen Abschluß bringen können; sie ist aber andererseits nur mit Hilfe präziser instrumenteller Beobachtungen und scharfer Rechenmethoden zu erlangen. Ungefähre relative Abschätzungen der Herdtiefe kann man zwar häufig schon auf Grund der makroseismischen Erscheinungsweise vornehmen, insofern ein Beben mit ausgedehntem Schüttergebiet, aber verhältnismäßig geringer epizentraler Intensität eine größere Herdtiefe besitzen wird als eine heftige, aber mehr lokale Erschütterung. Hierzu wie auch zu näherer Festlegung des oberflächlichen Ausgangsgebietes oder der *Epizentralregion* ist der Entwurf eines möglichst getreuen Bildes der Intensitätsverteilung im makroseismischen Bereich nötig, wie es durch Anwendung sog. empirischer Intensitätsskalen, welche die Bebenstärke gradweise nach den Wirkungen auf Menschen, Häuser und Landschaft klassifizieren, und durch Konstruktion von Linien gleicher Bebenstärke oder *Isoseisten* ermöglicht wird. In dieser Beziehung erscheint die zwölftellige, nach ihren makroseismischen Kriterien von *A. Sieberg* ergänzte *Mercalli-Cancani-Skala* besonders geeignet, zumal bei ihr durch *Cancani*s Untersuchungen zugleich auch der so wichtige Übergang von der relativen zur absoluten Einschätzung gegeben ist. Indem nämlich *Cancani* als absolutes Maß der Intensität die maximale Beschleunigung der Bodenteilchen während ihrer schwingenden Bewegung zu benutzen suchte, erkannte er, daß die den einzelnen empirischen Graden entsprechenden Werte dieser maximalen Beschleunigung angenähert das Gesetz einer geometrischen Reihe mit dem Quotienten 2 befolgen¹⁾.

Diese mit der relativen parallel gehende absolute Staffel gab *R. v. Kövesligethy* auch das Mittel an die Hand, auf die Intensitätsverteilung die Methode einer genaueren Berechnung der Herdtiefe zu gründen. Doch obwohl dieser Versuch als grundsätzlich von großer Bedeutung angesehen werden muß, so können die theoretischen

¹⁾ Die dem Verfasser aus Gründen der Einheitlichkeit und Übersichtlichkeit am zweckmäßigsten erscheinende allgemeine Form ist aus einem in Petermanns Mitteilungen erscheinenden Artikel desselben zu ersehen. Hier seien nur die einzelnen Grade nach ihren empirischen Kennworten und den ihnen entsprechenden absoluten Werten der maximalen Beschleunigung mitgeteilt: 1.° *Mercalli-Cancani*: instrumentaler Stoß; < 2,5 mm/sec². 2.° *M.-C.*: sehr leicht; 2,5—5,0 mm/sec². 3.° *M.-C.*: leicht; 5—10 mm/sec². 4.° *M.-C.*: mäßig; 10—25 mm/sec². 5.° *M.-C.*: ziemlich stark; 25—50 mm/sec². 6.° *M.-C.*: stark; 50—100 mm/sec². 7.° *M.-C.*: sehr stark; 100—250 mm/sec². 8.° *M.-C.*: vereinzelt mäßig zerstörend; 250—500 mm/sec². 9.° *M.-C.*: vereinzelt zerstörend; 500—1000 mm/sec². 10.° *M.-C.*: größtenteils zerstörend; 1000—2500 mm/sec². 11.° *M.-C.*: zerstörend; 2500—5000 mm/sec². 12.° *M.-C.*: verheerend; 5000—10 000 mm/sec².

Ausgangsgleichungen und namentlich auch die Güte des bisherigen Beobachtungsmaterials kaum als ausreichend betrachtet werden, um auf diesem Wege zuverlässige Resultate zu erzielen. Einwandfreihere Ergebnisse sind auf Grund instrumentell beobachteter Eintrittszeiten der ersten ankommenden Welle an herdnahen Stationen oder ihrer *Emergenzwinkel*, d. i. der Winkel, unter denen ihre Normale an der Erdoberfläche hervor kommt, zu erhoffen, wenn auch hier die zu verlangende Genauigkeit bezüglich der Zeiten auf $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}$ sec und bezüglich der Winkel auf mindestens 1° noch nicht erreicht ist. Ausgehend von Laufzeitbeobachtungen, fand so *S. Mohorovičić* die Herdtiefe des Kulpatalbebens (Kroatien) vom 8. Oktober 1909 zu rd. 22 km und diejenige des süddeutschen Bebens vom 16. November 1911 zu rd. 40 km, während unabhängig für das letztgenannte Beben *A. Mohorovičić* 45 km und *Galitzin* 9,5 ± 3,8 km errechnete. *Gutenberg* zeigte dann etwas später durch Verarbeitung aller brauchbaren Daten, daß sich die Beobachtungen ebensowohl mit einer Herdtiefe von 15 km als mit einer solchen von 45 km verträgen, und daß es nicht möglich wäre, den wahrscheinlichsten Wert anzugeben. Immerhin gehören die mitgeteilten, aus dem bisher besten Material sorgfältig abgeleiteten Werte derselben Größenordnung an, insofern jedenfalls der Betrag von einigen Zehnern von Kilometern nicht überschritten wird, und das stimmt wieder gut zu der mittleren Lage der Ausgleichsfläche in 120 km Tiefe, da wegen der unterhalb derselben herrschenden Ausgeglichenheit in der Massenanordnung plötzliche, zu Erdbeben führende Bewegungsvorgänge in größerer Tiefe schwer vorstellbar sind.

Der Umstand, daß das Herdtiefenproblem ganz besonders exakte, herdnahe Beobachtungen als Unterlage erfordert, wird natürlich auch in Zukunft eine erfolgreiche Lösung immer nur bei einer vergleichsweise geringen Anzahl von Beben ermöglichen. Doch wird man, wenn sich so im Laufe der Zeit die Zahl der einwandfreieren Resultate vermehrt hat, allgemeinere Schlüsse schon mit größerer Sicherheit ziehen können. Eine Frage von besonderem Interesse ist hierbei noch, ob nicht möglicherweise wegen der verschiedenen Beschaffenheit des kontinentalen und des ozeanischen Bodens eine, wenn auch wohl nur kleine systematische Verschiedenheit der Herdtiefen bei Beben des Festlandes und des Tiefseegrundes vorhanden ist. Eine Beantwortung dieser Frage dürfte freilich noch in weitem Felde liegen, zumal von Beben des Ozeanbodens seismometrische Beobachtungen nur aus größerer Entfernung gegeben sind. Direkte Wahrnehmungen solcher Beben sind mehr zufällig und daher stets nur sehr lückenhaft möglich, wenn dieselben sich als *Seebeben* auf gerade vorüberfahrenden Schiffen bemerkbar machen, und eignen sich kaum als Unterlage zu weitergehenden Schlußfolgerungen. Es mag jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß *E. Rudolph*, dem wir die ersten und hinsichtlich

der geographischen Verbreitung grundlegenden Arbeiten über Seebeben verdanken, auch eine eigene zehnteilige Intensitätsskala für dieselben aufgestellt hat. Es liegt indessen in der Natur der Sache, daß auch eine solche besondere Skala nicht annähernd den gleichen Nutzen haben kann wie bei Landbeben. Eine modifizierte und entsprechend der größeren Unbestimmtheit der Beobachtungen an Bord auf sechs Stufen zusammengezogene Staffel hat A. Sieberg in seiner Darstellung der „Methoden der Erdbebenforschung“ (siehe K. Keilhack, Lehrbuch der praktischen Geologie, 4. Aufl., 1922, Bd. II) gegeben.

4. Ursache und Verbreitung der Erdbeben.

Die Auffassung über die Ursache der Erdbeben zeigt eine der fortschreitenden Erkenntnis vom Bau der Erde entsprechende Entwicklung. Noch G. Gerland — der erfolgreiche Organisator des deutschen wie namentlich auch des internationalen Erdbebenbeobachtungsdienstes, dessen Tatkraft sehr wesentlich die Verwirklichung des auf E. v. Rebeur-Paschwitz zurückgehenden Vorschlages einer internationalen Vereinigung durch Gründung einer zwischenstaatlichen seismologischen Assoziation (zum Teil der Mutter der nach dem Kriege geschaffenen, aber wegen Fehlens der Mittelmächte naturgemäß unvollständigen geodätisch-geophysikalischen Union) durchsetzte — hegte um die Jahrhundertwende die Meinung, daß die seismischen und vulkanischen Erscheinungen ihren Ursprung nicht in der Erdrinde selbst hätten, sondern gemeinsam in heftigen Bewegungsvorgängen begründet seien, die sich in der Übergangszone zwischen dem aus dissoziierten und äußerst spannkraftigen Gasen aufgebaut gedachten Erdinnern und einer als glühendflüssig und schließlich latentplastisch vorgestellten Region unterhalb der eigentlich starren Erdkruste abspielen und an der Erdoberfläche vorzugsweise in den jungen Bruch-, Vulkan- und Faltungsgebieten als den Zonen geringsten Widerstandes zur Äußerung kommen sollten. Demgegenüber hat sich freilich die schon damals vorherrschende Ansicht von einer im wesentlichen tektonischen, d. h. lediglich auf Verschiebungen im Schollengefüge der Erdrinde beruhenden Ursache der meisten Beben weiter gefestigt, und die besonders von R. Hoernes klar durchgeführte Gegenüberstellung der *tektonischen und vulkanischen Beben* im ganzen als glücklich erwiesen. Die Annahme explosionsartiger Prozesse in großer Tiefe läßt sich auch schwer mit dem seither nachgewiesenen, bereits oben herangezogenen Vorhandensein einer Gleichgewichtsfläche in rd. 120 km Tiefe vereinigen.

Soweit einerseits ein ausgesprochenes Gebundensein der Epizentralzone an eine Dislokationslinie oder an ein System solcher Linien vorhanden ist, wie z. B. bei dem kalifornischen Beben von 1906, wo man dann auch von *seismotektonischen Linien* spricht, oder andererseits das Ausgangs-

gebiet der Erschütterung in den Bezirk eines noch nicht als erloschen zu betrachtenden Vulkans fällt, wie z. B. bei den vesuvianischen und ätnaischen Beben, ist die soeben angeführte Unterscheidung der beiden Klassen von Erdbeben im allgemeinen nicht schwierig, wenn wir noch von einer dritten Klasse, nämlich den auf Einbrüchen unterirdischer Höhlen und Gänge in Kalkgebirgen und dergl., aber auch in den Gebieten aktiver Vulkane beruhenden *Einsturzbeben* wegen ihrer nicht eigentlich endogenen Ursache und ungleich geringeren Bedeutung absehen²⁾. Doch ergeben sich sofort dort Komplikationen, wo ein solcher Zusammenhang mit der geologischen Struktur der betroffenen Gegend nicht offenkundig ist, oder wo zwar für eine junge geologische Vergangenheit, aber doch nicht mehr für die Gegenwart aktiver, nach außen zutage tretender oder extrusiver Vulkanismus in Betracht gezogen werden kann, wie z. B. bei den Beben in Skandinavien und Finnland bzw. den Erdstößen, die aus der Region des vulkanisch erloschenen Kaiserstuhls in dem tektonischen Einbruch der oberrheinischen Tiefebene stammen. Wie immer Einzelfälle dieser Art mehr oder weniger geklärt sein mögen — die Kaiserstuhlbeben werden neuerdings als rein tektonische aufgefaßt —, so nötigen solche Verhältnisse jedenfalls dazu, neben eigentlich tektonischen oder *Dislokationsbeben* und eigentlich vulkanischen Beben auch noch *epiogene-tische* und *kryptovulkanische* Beben als möglich anzuerkennen, d. h. solche Beben, die auf langsamer, säkularer Hebung und Senkung größerer Schollen (Fennoskandia) bzw. auf einer verborgenen, intrusiven vulkanischen Tätigkeit beruhen. Wie weit bei jener Art *magmatische* Einflüsse (Magma gleich zähflüssige oder teigartige Masse, die vielfach unterhalb, zum Teil auch innerhalb der starren Erdrinde gelagert sein dürfte und bei Vulkanausbrüchen als Lava hervorkommt) und bei dieser Art tektonische Vorgänge mit hineinspielen, ist eine nicht leicht zu entscheidende Frage für sich. (Siehe auch den eingangs zitierten Artikel von S. v. Bubnoff in dieser Zeitschrift.)

Die vulkanischen und kryptovulkanischen Beben wurden noch von W. Branca unter dem einheitlichen Begriff der *magmatischen Beben*

²⁾ Unter Hinweis auf einen neuerdings stattgefundenen Meteorfall in Virginia (U. S. A.), durch den ein Erdloch von etwa 15 m Durchmesser entstand und ein weiterhin fühlbares Erdbeben hervorgerufen sein soll, macht A. Rzehak (1922) darauf aufmerksam, daß man somit auch einen solchen Aufsturz größerer kosmischer Massen; wie er ja auch in wesentlich bedeutenderem Umfang und weiter zurückliegender Zeit bei Bildung des Meteoritenkraters von Arizona vor sich gegangen ist, unter den Ursachen von Erdbeben aufzuführen hätte. Es wären dann den *Einsturzbeben* noch die *Aufsturzbeben* an die Seite zu stellen. Natürlich aber kommt diesen letzten Beben in Ansehung ihrer allgemeinen Bedeutung eine noch untergeordnetere Rolle als jenen zu.

zusammengefaßt, wobei dieser Forscher zugleich den Standpunkt vertrat, daß physikalische und chemische Prozesse in einem Magmanest auch bei vermeintlich tektonischen Beben häufiger eine auslösende Rolle mitspielten, als im allgemeinen angenommen würde. Doch wenn schon, wie es Verfasser auf Grund einer Hypothese von *G. de Geer* über Magmaverschiebungen im Zusammenhang mit der Einsenkung des europäischen Nordmeeres z. B. bezüglich der Seismizität dieses Meeresgebietes und seiner Umrandung ausgesprochen hat, stellenweise die Möglichkeit einer primären magmatischen Ursache auch in größerem Umfange gegeben sein mag, so lehren aber wieder neuere Untersuchungen auf den Philippinen (*S. Masó* und *W. D. Smith*) wie in dem holländischen Inselarchipel Ostasiens (*H. A. Brouwer*), daß gerade auch in diesen Gebieten reichster vulkanischer Tätigkeit die meisten und stärksten Erdbeben in deutlichem Zusammenhang mit tektonischen Linien stehen und demgegenüber die vulkanischen Beben an Bedeutung zurücktreten. Ein solches Überwiegen der tektonischen Momente bei der Entstehung von Erdbeben lehrte indessen auch bereits das von *F. de Montessus de Ballore* ein erstes Mal genauer entworfene Bild der geographischen Verbreitung der Erdbeben (in vollständiger Zusammenfassung 1906 in seiner *Géographie séismologique „Les tremblements de terre“* veröffentlicht), aus dem klar hervorging, daß ganz allgemein die zahlreichsten und größten seismischen Ereignisse in den beiden Hauptreliefgürteln auftreten, die unsere Erde in der mediterranen Zone sowie längs der pazifischen Gestade durchziehen und welche die jüngsten (tertiären) und höchsten Kettengebirge wie zugleich in den diese letzteren vielfach begleitenden Tiefseerinnen die größten ozeanischen Tiefen und somit auch die ausgeprägtesten Brüche und Verwerfungen aufweisen.

Wichtige Ergänzungen zu diesem Bilde gaben sodann im Jahre 1914 *E. Rudolph* und *S. Szirtes*, indem sie vor allem die neueren Ergebnisse der Lokalisierung von Epizentren auf Grund mikro-seismischer Registrierungen mitberücksichtigten und auf diese Weise, wie ihre Karten zeigen, erst die bedeutende Seismizität der Tiefseegräben näher dartun konnten, ohne daß freilich diese beiden Autoren bei ihrem Erklärungsversuch der Verteilung der Großbeben auf diesen Umstand irgendwelches Gewicht gelegt hätten, denn sie glaubten, die hohe Beben-tätigkeit des ganzen mediterranen und zirkumpazifischen Gürtels im letzten Grunde auf eine intensivere Wirksamkeit des diesen Zonen in vergleichsweise geringer Tiefe unterlagerten sogen. pazifischen Magmas zurückführen zu sollen, und betrachteten die Zonen der Tiefseegräben nicht als besonders bemerkenswerte tektonische Linien. Dieser wohl kaum mit der Art des Ablaufs der geotektonischen Entwicklung in Einklang zu bringenden genetischen Auffassung widerspricht auch die neueste Darstellung der Seismizität der Erde, welche

soeben *A. Sieberg* in einer ausführlicheren Arbeit über „Die Verbreitung der Erdbeben auf Grund neuerer makro- und mikro-seismischer Beobachtungen und ihre Bedeutung für Fragen der Tektonik“ (Veröffentl. d. Hauptstation f. Erdbebenforschung in Jena, 1922) geliefert hat. Hiernach erweist sich als seismisch wichtigster Faktor die Bruchdislokation, sofern an ihr überhaupt nur noch die endogenen Kräfte zur Auswirkung kommen; der normale Faltungsprozeß tritt demgegenüber an Bedeutung zurück. Die früher schon einmal von *E. Rudolph* in ganz ähnlichem Sinne eingeführte Unterscheidung von Bruch- und Faltungsbeben erscheint nun in noch hellerem Licht; und was die so hervortretende seismische Tätigkeit namentlich der pazifischen Tiefseegräben anbelangt, so würde dieselbe demnach als Hinweis darauf aufzufassen sein, daß wir es hier in den meisten Fällen mit großen Bruchgebilden in der Erdrinde zu tun haben, was auch in Übereinstimmung mit der von anderer Seite (*Mellard Reade*, *G. Schott* und *P. Perlewitz*, *J. Geikie*) aus allgemeineren, nicht seismischen Gesichtspunkten heraus vertretenen Ansicht steht, daß diese randständigen Depressionszonen im wesentlichen oben Staffelbrüche oder Grabenverwerfungen jugendlichen Alters darstellen.

Als seismisch am ruhigsten, wenn nicht zum großen Teil stabil oder *aseismisch* (im Gegensatz zu *seismisch* oder erdbebenreich und *peneseismisch* oder mäßig bewegt) haben die tafelähnlichen Gebiete alter Architektur, wie das europäische und sibirische Rußland, Kanada östlich des Felsengebirges, Patagonien, die Sahara u. a., und die alten paläozoischen Rumpfgebirge wie Ural und Appalachen zu gelten, ferner aber auch mit Ausnahme der Randzonen das nord- und südpazifische Becken, sodann weite Gebiete des Atlantischen und Indischen Ozeans, namentlich nach Süden zu in dem zusammenhängenden breiten, die vermutlich ebenfalls sehr bebenarme Antarktis umschließenden Wasserring. Im allgemeinen dürfte bei den aseismischen Massen bezüglich ihrer Lagerung über den unteren Krustenpartien Gleichgewicht oder Isostasie erreicht sein, während in den seismisch regsten Gebieten durchweg noch keine isostatische Ausgeglichenheit herrscht. Diese in etwas anderer Form für die Küstenzonen von *O. Meißner* formulierte Gesetzmäßigkeit weist aber doch auch beachtenswerte Ausnahmen auf. Um weiter seismogenetische Gesetze aufzudecken oder bisher nur angedeutete Zusammenhänge zu klären und in ihrer Realität zu erhärten, wird es aber nunmehr erforderlich sein, auf Grund des reichlich vorhandenen Materials mit eingehenderen regionalen Untersuchungen fortzufahren, wie dies neuerdings z. B. wieder von *F. Heritsch* (1918) für die nordöstlichen Alpen, von *W. Visser* (1921) in bezug auf den ostindischen Archipel, von *E. Krenkel* (1922) hinsichtlich der Erdbeben Ostafrikas und vom Verfasser bzw. *E. Pautsch* (1921 und 1922) bezüglich des seismischen Verhaltens des Europäischen

Nordmeeres und seiner Umgebung wie des Europäischen Mittelmeeres geschehen ist. Es hat natürlich ein großes Interesse, u. a. die bisher nicht bekannte hohe Seismizität Ostafrikas (250 bis 300 Beben jährlich) oder auch des Europäischen Nordmeeres und der angrenzenden Meeresteile, wo im ganzen genommen Frequenz und Intensität der Beben derjenigen des Europäischen Mittelmeeres entspricht, möglichst im einzelnen nach geographischen und geologisch-geodynamischen Gesichtspunkten darzulegen. Betreffs der Erdbeben des Meeresbodens und unbewohnter Gebiete befindet sich dabei die neuere Seismologie gegenüber früheren Zeiten bekanntlich in dem großen Vorteil, daß es sehr bald gelang, Methoden auszuarbeiten, die eine recht gute Lokalisierung der Epizentren lediglich mittels seismometrischer, weitab vom Herde gewonnener Registrierungen gestatten. Neben einer kritischen Anwendung dieser namentlich von *L. Geiger* (Verfahren nach den Differenzen der Ankunftszeiten der *P*-Wellen), *O. Klotz* und *E. Rosenthal* (stereographisches Verfahren mittels der aus den Seismogrammen ablesbaren Epizentraldistanzen) sowie *C. Zeißig* (kombinierte Verfahren) angegebenen rechnerischen und zeichnerischen Methoden, soweit nicht schon bei gut beobachteten Landbeben die makroseismischen Daten eine genaue Ermittlung der Epizentralregion zulassen, wird man zur Vertiefung unserer Kenntnisse über Sitz und Art des Auslösungsvorganges in besonders ausgezeichneten Fällen immer mehr eine möglichst zuverlässige Feststellung der Herdtiefe anzustreben haben, was allerdings, wie weiter oben bemerkt, zurzeit noch auf erhebliche Schwierigkeiten stößt.

5. Häufigkeit der Erdbeben.

Die Vervollkommenung der instrumentellen Beobachtungen und die Verdichtung des makro- und mikroseismischen Beobachtungsnetzes erbringt nun für die schon von *Alexander v. Humboldt* ausgesprochene Meinung, daß unsere Erde keinen Augenblick ganz bebenfrei sei, mehr und mehr den Beweis der Richtigkeit. Faßt man unter den Begriff eines *Großbebens* alle diejenigen Erderschütterungen zusammen, welche bis zu mindestens 500 km Abstand vom Epizentrum gefühlt wurden, dabei aber außerdem eine mikroseismische Reichweite von wenigstens 10 000 km besaßen, so rechnet man jetzt im Laufe eines Jahres zwar nur auf 70 bis 80 Beben solchen Energiegehalts, doch überwiegen naturgemäß die mittleren und schwachen Beben bei weitem. So entfallen z. B. allein auf die seismisch freilich besonders rege japanische Zone südwärts bis Formosa in einem Durchschnitt von 6 Jahren 4 bis 5 Beben täglich, aber jährlich wieder nur 2 bis 3 Beben mit einer makroseismischen Reichweite von mindestens 200 bis 300 km; und für Italien ergeben sich in einem 20jährigen Durchschnitt unter Einschluß der im Gefolge von starken Beben oft noch in größerer Zahl auftretenden Nachstöße 4 Beben in 3 Tagen

und ohne Zählung solcher Nachstöße etwa 4 Beben in 5 Tagen. Der hohe Grad der Seismizität dieses Landes wird aber noch besonders gut durch den Umstand beleuchtet, daß nach *A. Riccò* die gegenseitigen Abstände der Epizentren der bedeutenderen Erdbeben, welche fast sämtlich der Kammzone der Apenninen und ihren Abzweigungen angehören, im Mittel kleiner sind als die Radien der Gebiete zerstörender Wirkungen. Zeitweilig kann die seismische Aktivität eines Gebietes auch durch *Erdbebenschwärm*e eine besondere Erhöhung erfahren. Das gilt z. B. von dem geotektonisch im Schnitt des erzgebirgischen und thüringischen Gebirgssystems eine besondere Stellung einnehmenden Vogtland, das wieder im Herbst 1908 einem sehr bemerkenswerten, von *Fr. Eitzold* näher untersuchten Bebenschwarm ausgesetzt war. Wenn hier auch die Intensität im Maximum 5 bis 6 Grad *Mercalli-Cancani* nicht überschritten hat, so häuften sich doch im Epizentralgebiet die Erschütterungen derart, daß sich am 3., 5. und 6. November im Mittel täglich 80 bis 90, am 4. November aber allein 185 Stöße ereigneten, während in Sachsen überhaupt in den 75 Tagen vom 18. Oktober bis zum 31. Dezember insgesamt 1384 Stöße gefühlt wurden.

Welchen Grad die Seismizität in den Bezirken tätiger Vulkane erreichen kann, ist erst neuerdings durch die sorgfältigen instrumentellen Beobachtungen recht klar geworden, welche in Japan u. a. auch während der Eruptionsperiode des Asama-Yama (Zentraljippon) in den 6 Jahren von 1911 bis 1916 von *F. Omori* angestellt worden sind. Hiernach stellte sich für diesen Zeitraum die tägliche Bebenfrequenz in der nächsten Umgebung des Vulkans durchschnittlich auf 4–5. Freilich kam in diesen Bodenerschütterungen nur eine sehr geringe Energie zur Entfaltung, denn in den beiden ersten Jahren waren doch von 1065 nichteruptiven Beben, d. h. von solchen Bodenzuckungen, die nicht von einem Ausbruch begleitet waren, nur 181 unmittelbar in Yonotaira in 2,3 km horizontalem Abstand vom Krat er fühlbar.

Je größer nun die Gewißheit ist, daß die Beobachtungen vollständig sind, um so erfolgreicher wird man schließlich noch die interessante, hier wenigstens kurz zu berührende Frage nach etwa vorhandenen Periodizitäten in dem Auftreten der Erdbeben oder nach ihrer Abhängigkeit von sekundären Vorgängen angreifen können. Ohne uns bei der zurzeit noch vorhandenen Ungeklärtheit dieser Verhältnisse näher auf Einzelheiten einlassen zu wollen — es sind zum Teil widersprechende, zum Teil jedenfalls nur vorläufige Resultate erzielt —, sei aber doch vom grundsätzlichen Standpunkt aus betont, daß z. B. die Möglichkeit eines sekundären Zusammenhanges zwischen Erdbeben einerseits und Polsschwankungen oder den Gezeiten der Hydrosphäre wie der Lithosphäre oder der Luftdruckverteilung und der wechselnden Wärmeeinstrahlung im Laufe des Jahres wie des Tages andererseits durchaus nicht von der Hand gewiesen werden

kann. Trotz mancher wertvoller Ansätze auch auf diesem Gebiet³⁾ bleibt natürlich hier besonders das meiste noch der Zukunft zu tun übrig. Immer vollständiger auszugestaltende Jahreskataloge über die Makro- und Mikroseismen der ganzen Erde, wie sie in stetiger Verbesserung von 1904 bis 1908 bereits von dem ehemaligen Straßburger Zentralbureau der internationalen seismologischen Assoziation herausgegeben wurden, und daneben einen möglichst großen Zeitraum umfassende Erdbebenübersichten einzelner Länder sind in dieser Beziehung ein erstes Erfordernis. Hier möge nur noch aus Mitteleuropa auf die seit Ende 1879 regelmäßig über die schweizerischen Erdbeben erscheinenden Jahresberichte hingewiesen sein sowie ferner auf die Chroniken der in den alten österreichischen Ländern beobachteten Erdbeben, die in sehr ausführlichen Zusammenstellungen seit 1897 veröffentlicht und bis 1915 durchgeführt wurden und sodann in gedrängterer Darstellung bis 1921 vorliegen. In Deutschland verfügt neuerdings Bayern über ein sehr vollständiges Erdbebenverzeichnis, indem seit 1905 in erster Linie *J. Messerschmitt* und *C. Lutz* über die hier eingetretenen Beben berichteten und für die ganze geschichtliche Vorzeit nunmehr ein Erdbebenkatalog von *H. Gießberger* im Erscheinen begriffen ist, dessen soeben herausgegebener erster Teil die makroseismischen Nachrichten bis 1699 umfaßt. Auch besitzt Sachsen für den Zeitraum von 1875 bis 1915 aus der Feder von *H. Credner* und *Fr. Etzold* sehr wertvolle und ziemlich vollständige Darstellungen seiner Erdstöße, insbesondere der vogtländischen Schwarmbeben.

6. Angewandte Seismologie.

Ein praktischer Nutzen ergab sich aus der Seismologie zunächst nur für die erdbebenreichen Länder, indem man hier, so in Japan und Italien, allerdings begreiflicherweise schon sehr früh dazu überging, aus den gemachten unmittelbaren und instrumentellen Beobachtungen allgemeiner gültige Bauregeln für die Errichtung „erdbebensicherer“ Häuser abzuleiten. Die japanische Erdbebenkommission hat z. B. als Muster solcher empfehlenswerter Konstruktionen Modelle eines Bauernhauses, eines bürgerlichen Wohnhauses und eines kleinen Verwaltungsgebäudes, sämtlich zur Hauptsache aus dem nachgiebigen Holz aufzuführen, entworfen. Daneben werden weiter, so von *F. Omori*, *E. Oddone*, Untersuchungen über die Eigenschwingungen und die Stabilität besonders hoher und schlanker Bauwerke, wie Kamine, Leuchttürme, Brückenpfeiler, bei Erdbeben, Windstößen

und künstlichen Erschütterungen fortgesetzt. Für hochragende Gebäude (San Francisco) hat sich ein elastisches Stahlgerüst als sehr vorteilhaft erwiesen; außerdem aber ist naturgemäß auch die Beschaffenheit des Mörtels als Bindemittel der einzelnen Bausteine für die Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschädigungen bzw. Zerstörungen von großer Bedeutung. Für experimentelle, in dieser Richtung liegende Vorarbeiten wird vielfach eine besondere Erschütterungsplattform gebraucht. In Deutschland sind Untersuchungen künstlicher Erschütterungen, wie sie z. B. auch durch Maschinenbetrieb, Straßenverkehr, Sprengungen u. dgl. hervorgerufen werden, und der Bau hierzu geeigneter Meßapparate wesentlich durch *L. Grunmach*, *C. Mainka* und *L. Mintrop* gefördert worden. Einen großen Erfolg stellen insbesondere die Experimentaluntersuchungen von *Grunmach* zur Ermittlung der Felsschwingungen dar, welche durch den Wasserabsturz an der Queistalsperre bei Marklissa hervorgerufen werden. Es gelang diesem Autor, eine so fein arbeitende Apparatur herzustellen, daß durch dieselbe mittels der bereits in der Einleitung erwähnten, von *Galitzin* in die eigentliche Seismik eingeführten elektromagnetischen Fernregistrierung die am unzugänglichen Aufstellungsort der Instrumente auftretenden äußerst raschen und kleinen Erschütterungen nach Periode, Amplitude und Beschleunigung exakt zur Aufzeichnung gelangten. Die Beobachtungen lehrten, daß es sich um Perioden von nur hundertstel und tausendstel Sekunden und um Amplituden von nur tausendstel bis hunderttausendstel Millimeter handelte. Einen anderen bedeutungsvollen praktischen Erfolg hat die Seismik auch in dem *Mintropschen* Verfahren zur Erforschung von Gebirgsschichten und nutzbaren Lagerstätten zu verzeichnen, nach welchem die durch Sprengungen an der Oberfläche oder durch Fallwerke erzeugten elastischen Bodenschwingungen in einiger Entfernung vom Störungsherd seismogrammartig durch stark vergrößerndes transportables Gerät aufgezeichnet werden und dadurch zur Aufhellung der Konstitution der von ihnen durchheilten obersten Schichten in analoger Weise verwertet werden können, wie dies bei den eigentlichen Erdbebenwellen im großen bezüglich des ganzen Erdkörpers möglich ist.

Schließlich sei hier noch in Ansehung ihres praktischen Wertes auf die in anderer Richtung liegenden Erfahrungen hingewiesen, welche man in Japan, Kalifornien, Italien und anläßlich des süddeutschen Bebens vom 16. November 1911 auch in Deutschland betreffs der verschiedengradigen seismischen Gefährlichkeit des Untergrundes gemacht hat. Stuft man die einzelnen Bodenarten nach den auf ihnen beobachteten makroseismischen Wirkungen ab, so tritt sogleich hervor, daß unter sonst gleichen Umständen bei nicht zu großer Mächtigkeit weiche Schichten, z. B. alluviale Talböden, wesentlich höhere Intensitäten aufweisen als harter Felsboden, z. B. aus

³⁾ So z. B. die sorgfältige Studie von *V. Conrad* (1909 und 1912) über die zeitliche Verteilung der in den österreichischen Alpen- und Karstländern gefühlten Erdbeben. Neben dem Nachweis eines deutlichen jährlichen und täglichen Ganges der Erdbebenhäufigkeit brachte sie auch das Ergebnis, daß starke Gradienten in der Luftdruckverteilung über den österreichischen Schüttergebieten sekundär auslösend wirken können.

Kalk oder kristallinischem Gestein. Lockere Massen von bedeutenderer Mächtigkeit üben dagegen ähnlich wie die ozeanischen Wassermassen bei Seebeben einen erheblich abschwächenden Einfluß aus. Ganz analoge Verhältnisse traten auch wieder bei der Explosion von Rothenstein bei Königsberg i. Pr. im April 1920 zutage. Nach *F. Errulat* scheint nämlich die verschiedene Intensität der dabei aufgetretenen Bauschäden in Königsberg selbst wesentlich durch Unterschiede des Untergrundes bedingt zu sein, indem die durchfeuchteten, mächtigen Torfschichten des Pregeltals gegenüber den diluvialen Kiesen des Stadtteils Haberberg merklich dämpfend gewirkt haben dürften. Eine präzisere Fassung hat diesen Erfahrungen *H. F. Reid* zu geben versucht, als er auf Grund einer eingehenden Untersuchung der beim kalifornischen Beben von 1906 im Stadtgebiet von San Francisco zur Geltung gekommenen Intensitätsverteilung die geschätzten maximalen Beschleunigungen der Erdteilchen für die verschiedenen Bodenarten miteinander verglich. Er fand für die auf diese Weise erhaltenen *relativen seismischen Koeffizienten des Untergrundes* nach den dort vorhandenen besonderen Lagerungsverhältnissen und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Formationen die folgenden auf den Koeffizienten für festes Gestein als Einheit bezogenen Werte: Sandstein 1,0 bis 2,4; loser Sand 2,4 bis 4,4; aufgeworfener Boden 4,4 bis 11,6 und Marschland 12,0; und es muß in der Tat überraschen, daß hiernach in dem vorliegenden Fall der Größenordnung nach die Stärke der Erschütterung auf aufgeworfenem Boden und Marschland doch gewiß bis zu dem Zehnfachen des Betrages auf felsiger Unterlage anstieg. Ähnliche Verhältnisse liegen zum Teil auch nach der von *R. Lais* und *A. Sieberg* dargestellten Intensitätsverteilung beim süddeutschen Beben von 1911 vor.

Haben nun namentlich die Untersuchungen über die zweckmäßigste Bauweise in seismisch stark gefährdeten Ländern und die übrigen im Anschluß daran skizzierten experimentellen Anwendungen der Seismologie schon einen sehr beachtenswerten greifbaren Nutzen gezeitigt, so gilt dies noch in keiner Beziehung von den Bemühungen zur Lösung eines die Menschheit wohl am meisten interessierenden seismischen Problems, der *Vorhersage von Erdbeben*. Hinsichtlich der durchweg nicht wissenschaftlichen Versuche, eine Vorhersage der Erdbeben auf eine etwaige durch sekundäre Faktoren bedingte Periodizität in ihrem Auftreten zu gründen, ist unter Bezugnahme auf das bereits weiter oben hierüber Gesagte zu bemerken, daß bei dem gegenwärtigen Stand der Forschung solche möglicherweise vorhandenen Periodizitäten doch erst noch weit präziser herausgestellt werden müssen, bevor sie als einigermaßen gesichert und zur Anwendung geeignet gelten können, und daß, selbst wenn diese notwendige und schwierige Arbeit einmal zu einem ersten positiven Abschluß ge-

kommen sein sollte, wir doch immer nur ein Bild des zeitlichen Ablaufs dieser Nebeneinflüsse gewonnen hätten, ohne daß wir hinsichtlich der zeitlichen Bedingtheit der eigentlichen endogenen Hauptursache klarer sähen.

Von einem ganz anderen Gesichtspunkt aus griff *R. von Kövesligethy* diese Frage an. Er suchte den (durch die ein bedeutendes tektonisches Beben zeitlich umrahmenden Vor- und Nachstöße zum Ausdruck kommenden) Zustand der elastischen Spannung der Erdkruste analytisch zu formulieren. Er ging davon aus, die als *seismische Hysteresis* bezeichnete, von der Zeit abhängige elastische Nachwirkung der Erdschichten allgemein dadurch zu bestimmen, daß er einerseits den Differentialquotienten der Hysteresisfunktion nach der Zeit proportional der Anzahl der Nachstöße setzte und andererseits als angenähertes Gesetz der Abnahme der Frequenz der Nachstöße mit der Zeit die Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel gelten ließ. Von den Nachstößen wurde sodann angenommen, daß sie schließlich wieder in die eine kommende neue Haupterschütterung einleitenden Vorbeben übergingen. Das hiermit erneut einsetzende Anwachsen der Bodenspannungen soll nun aber meßbar noch in der Abnahme der örtlichen Wellengeschwindigkeit zum Ausdruck kommen, deren Größe eben von dem durch die so abgeleitete Hysteresisfunktion charakterisierten elastischen Zustand abhängt und der Beobachtung unmittelbar zugänglich ist. So interessant und auch grundlegend diese Gedankengänge durch Einführung des mit dem Auslösungsvorgang eines Bebens eng verknüpften Begriffs der seismischen Hysteresis vom theoretischen Standpunkt nun zwar sind, so ist doch aber für die Praxis zu bedenken, daß die auf diesem Grunde im einzelnen aufgebauten Formeln in ihrer Anwendung auf die in der Natur gegebenen wirklichen Verhältnisse wie schon die gemachten Voraussetzungen selbst durchaus noch problematisch sind.

Wieder einen anderen, mehr praktischen Weg gibt *H. F. Reid* an, wenn er auf Grund bestimmter Vorstellungen über die Entstehung des großen kalifornischen Bebens von 1906 vorschlägt, das Auftreten langsamer Verschiebungen zu beiden Seiten mutmaßlicher Herdlinien, wie z. B. der San Andreas-Spalte im Falle des genannten Bebens, und ihr allmähliches Anwachsen bis zu dem kritischen, einen plötzlichen Bruch hervorrufoenden Maß durch wiederholte Ausmessung der gegenseitigen Lage bestimmter Fixpunkte zu verfolgen. Es wird freilich schwer sein, in einem gegebenen Fall a priori eine richtige Vorstellung von der Größe der kritischen Spannung zu gewinnen, und man muß andererseits natürlich auch die Gewißheit haben, daß die Kontrolle über einen Bezirk zu einem Zeitpunkt einsetzte, als die Spannungen hier Null waren, was allerdings zur Hauptsache nach Ablauf eines großen Bebens zutreffen wird. In Fällen, wo es sich

mehr um plötzliche unterirdische, wesentlich nach isostatischen Gesetzen vor sich gehende Massenverschiebungen handelt, wie sehr wahrscheinlich bei den 1908 und 1911 stattgefundenen Erdbeben von Kecskemét in der ungarischen Tiefebene, kann möglicherweise zur Ermittlung der Erdbebenreife eines habituellen Schüttergebiets auch eine genaue Verfolgung der Änderung der Schwerkraftsverhältnisse mit Hilfe der hochempfindlichen *Eötvösschen* Drehwage gute Dienste leisten.

7. Schluß.

In ihrer Gesamtheit werden die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben, ein wie ausgedehntes Feld anziehender und weitrager wissenschaftlicher Betätigung die Erdbebenforschung darbietet, daß aber zur Lösung ihrer grundlegendsten Probleme, wie der Konstitution unseres Planeten und der Seismizität seiner Oberfläche, ein weitgehendes, auf einem gut organisierten Erdbebenbeobachtungsdienst der einzelnen Länder beruhendes internationales Zusammenarbeiten erforderlich ist. Nach einer 1921 im Bulletin of the National Research Council (U. S. A.) erschienenen, von H. O. Wood zusammengestellten Liste sind auf der Erde zurzeit reichlich 300 Observatorien für seismologische Beobachtungen vorhanden; von diesen liegen 24 Stationen in Deutschland und Deutschösterreich. Die Aufrechterhaltung eines möglichst regen Austausches der Schriften, wie namentlich auch der einzelnen nach dem bereits vor dem Kriege unter Zugrundelegung der *Göttinger Symbole* vereinbarten internationalen Schema ausgewerteten instrumentellen Registrierungen wird man sich besonders anlegen sein lassen müssen. Davon, daß auch bei den Mittelmächten die seismologische Forschung unbeirrt ihren Weg weiter zu gehen sucht, dürfte neben den einschlägigen Veröffentlichungen der letzten Jahre nicht zum wenigsten noch die im September 1922 auf der Leipziger Tagung der Deutschen Naturforscher und Ärzte erfolgte Gründung einer *Deutschen Seismologischen Gesellschaft* Zeugnis ablegen.

Eine neue Form des natürlichen Systems.

Von K. Krause, Berlin-Dahlem.

Alle „natürlichen Systeme“, die für das Tier- und Pflanzenreich aufgestellt worden sind, haben trotz oft recht großer Unterschiede im einzelnen doch sämtlich das eine gemeinsam, daß sie eine Stufenfolge zu schaffen suchen, die der phylogenetischen Entwicklung entspricht und deshalb von den niedersten Formen bis zu den höchsten durchgeführt wird. Dieser zum Gemeingut wohl aller Systematiker gewordene Entwicklungsgedanke erhält eine völlig neue Fassung in mehreren Arbeiten des japanischen Botanikers *Hayata*¹⁾, die

¹⁾ B. *Hayata*, An Interpretation of Goethes Blatt in his „Metamorphose der Pflanzen“, as an Explanation

vor kurzem erschienen sind und wegen der Eigenart der darin enthaltenen Ideen das Interesse weiter Kreise verdienen. *Hayata* ist zu seinen Studien durch keinen Geringeren als *Goethe* angeregt worden, und zwar war es zunächst das Blatt in *Goethes* oft behandelter und viel gedeuteter „Metamorphose der Pflanzen“, das ihn beschäftigt hat und dem er eine neue Erklärung zu geben sucht. Für ihn ist das „Blatt“ *Goethes* nicht dasjenige Organ der Pflanze, aus dem heraus sich die verschiedenen Blatt- und Blünteile entwickelt haben, sondern für ihn sind alle vorhandenen Organe eins, alle Keimblätter, Laubblätter, Hochblätter, Niederblätter, Blumenblätter, Staubblätter usw. sind im Grunde dasselbe. Es gibt überhaupt nur ein einziges Organ; und wenn uns dieses in so vielfacher Form entgegentritt, so ist dies zurückzuführen auf verschiedene Gene, die in wechselnder Zusammensetzung die verschiedenen Eigenschaften und Gestalten der einzelnen Organformen bedingen. Diese Gene sind etwas Unveränderliches und Gegebenes; sie entstehen nicht mehr neu und verschwinden auch nicht wieder, sondern sind und bleiben vorhanden und bedingen in ihrem Zusammenwirken die verschiedenen Eigenschaften des Ur- oder Grundorgans. Und dieses Urgan ist das Blatt *Goethes*. Mit Hilfe zahlreicher Belege sucht *Hayata* aus *Goethes* Schriften nachzuweisen, daß sich *Goethes* Ansichten und die seinigen miteinander decken. Solche Beweissätze sind z. B.: „Sie (die Natur) schafft ewig neue Gestalten; was da ist, war noch nie, was war, kommt nicht wieder; alles ist neu und doch immer das Alte. Es ist ein ewiges Leben. Werden und Bewegen in ihr. Sie verwandelt sich ewig, und ist kein Moment Stillstehen in ihr. Fürs Bleiben hat sie keinen Begriff, und ihren Fluch hat sie ans Stillstehen gehängt. Sie ist fest; ihr Tritt ist gemessen, ihre Gesetze unwandelbar. Gedacht hat sie und sinnt beständig; aber nicht als ein Mensch, sondern als Natur. Jedem erscheint sie in einer eigenen Gestalt. Sie verbirgt sich in tausend Namen und Termen, und ist immer dieselbe.“²⁾ Oder, an anderer Stelle:

„Freudig war vor vielen Jahren,
Eifrig so der Geist bestrebt,
Zu erforschen, zu erfahren,
Wie Natur im Schaffen lebt.
Und es ist das ewig Eine,
Das sich vielfach offenbart;
Klein das Große, groß das Kleine,
Alles nach der eignen Art.
Immer wechselnd, fest sich haltend;
Nah und fern und fern und nah;
So gestaltend, umgestaltend —
Zum Erstaunen bin ich da.“

of the Principles of the Natural Classification of Plants. (Icones Plantarum Formosanarum X [1921], S. 75—95.) — The Natural Classification of Plants, according to the Dynamic System. (Ebendort S. 97—234.)

²⁾ *Goethe*, Die Natur, in Sämtl. Werke Bd. 45 (Leipzig), S. 41—43.

Und noch mehr die folgenden Zeilen:

„Jedes Lebendige ist kein Einzelnes, sondern eine Mehrheit; selbst insofern es uns als Individuum erscheint, bleibt es doch eine Versammlung von lebendigen selbständigen Wesen, die der Idee, der Anlage nach gleich sind, in der Erscheinung aber gleich oder ähnlich, ungleich oder unähnlich werden können. Diese Wesen sind teils ursprünglich schon verbunden, teils finden und vereinigen sie sich. Sie entzweien sich und sachen sich wieder, und bewirken so eine unendliche Produktion auf alle Weise und nach allen Seiten.“³⁾

Aus diesen und anderen Schriftstellen glaubt Hayata folgen zu dürfen, daß seine Auffassung von der Einheit aller Organe im Grunde schon die Goethes war. Und diese Auffassung von der Einheit des Organs überträgt er nun auf den Artbegriff, auf die Systematik. Denn so wie wir schließlich nur ein Einheitsorgan kennen, so gibt es auch im Grunde eine einzige Einheitsart, die nur infolge des stets wechselnden Zusammenwirkens verschiedener Gene in so vielfacher Form auftritt. Dabei können die gleichen Gene bei Pflanzen vorkommen, die in heute geltenden Systemen weit voneinander entfernt stehen und infolgedessen ihre tatsächliche Verwandtschaft gar nicht erkennen lassen; anderseits brauchen Pflanzengruppen, die im jetzigen „natürlichen“ System dicht aufeinander folgen, oft nur wenig miteinander gemein zu haben, so daß ihre wirkliche Verwandtschaft gar nicht so eng ist, wie es nach ihrer unmittelbar benachbarten Stellung der Fall zu sein scheint. Das ganze natürliche System läßt sich überhaupt nicht als eine lineare Entwicklungsreihe oder in Gestalt eines sich in seinen Endästen immer weiter entwickelnden Stammbaumes darstellen, sondern viel eher als ein netz- oder wabenartiges Gebilde, dessen einzelne Glieder nach allen Richtungen hin untereinander Verbindungen besitzen und deren gegenseitige Stellung verschieden ist, je nach der Seite, von der aus man sie betrachtet. In einem solchen System hat nicht jede Art, jede Gattung, jede Familie wie überhaupt jeder Verwandtschafts-

kreis seine ganz bestimmte, starre, unveränderliche Stellung, die durch seine „natürliche“ Verwandtschaft bedingt wird, sondern die Stellungen der Arten wechseln je nach dem Standpunkt des Systematikers, nach dem Maßstab, mit dem man sie beurteilt. Das ganze System ist überhaupt kein statisches, sondern ein dynamisches, in dem man niemals sagen kann, die Stellung einer Gattung oder Familie muß innerhalb dieser oder jener, jedenfalls innerhalb ganz bestimmter Grenzen liegen, sondern man wird immer nur sagen dürfen, bei Berücksichtigung dieses Merkmales gehört der betreffende Verwandtschaftskreis dahin, bei Berücksichtigung jenes Merkmales dorthin und bei Berücksichtigung eines dritten wieder an eine andere Stelle.

Natürlich ist es schwierig, ein derartiges dynamisches System in einer für den menschlichen Verstand zu bringen, da es ja eigentlich nur durch ein sehr kompliziertes körperliches Modell veranschaulicht werden kann. Um es überhaupt deutlich zu machen, muß als Grundlage doch ein System benutzt werden, das die Familien, bzw. der Reihe nach aufführt und damit unwillkürlich näher und ferner stehende Gruppen schafft. Erst durch besondere Zusätze lassen sich diese Mängel wieder ausgleichen; da aber solche Verbesserungen in jedem Falle nötig sind, so ist es schließlich gleichgültig, was für ein System zugrunde gelegt wird. Auch Hayata muß als Basis für sein dynamisches System ein rein statisches System benutzen, und zwar nimmt er das von Hay für die Blütenpflanzen geschaffene, das allerdings wiewissermaßen als Rahmen dient und recht wohl als „frame work“ bezeichnet wird. Er betont indes ausdrücklich, daß er bei der Beweglichkeit seines Systems ebenso gut jedes andere statische System als Unterlage hätte verwenden können; vorgezogen hat er das Englische System nur deshalb, weil er es für das bekannteste und gebräuchlichste hält. In welcher Weise er sein neues System aufstellt, werden einige Beispiele daraus am besten erläutern. Er schreibt z. B. unter Benutzung des Englischen Systems für die Blütenpflanzen:

<i>Gymnospermae</i>	Subdivision	<i>Angiospermae</i>
<i>Dicotyledonae</i>	Class	<i>Monocotyledonae</i>
<i>Spathiflorae</i>	Series I.	<i>Pandanales</i>
<i>Pandanaceae</i>	1.	<i>Typhaceae</i>
<i>Araceae</i> <i>Palmae</i>	2.	<i>Pandanaceae</i>
<i>Araceae</i> <i>Gramineae</i>	3.	<i>Sparganiaceae</i>

<i>Synanthaceae</i>	<i>Principes</i>
<i>Sparganiaceae</i>	
<i>Sparganiaceae</i>	<i>Typhaceae</i> <i>Cyclanthaceae</i>
<i>Pandanaceae</i>	<i>Typhaceae</i>

<i>Monocotyledonae</i>	Class	<i>Dicotyledonae</i>
<i>Ericales</i> <i>Tubiflorae</i>	Series XLIII.	<i>Primiales</i>
<i>Sapotaceae</i>	241.	<i>Theophrastaceae</i>
<i>Sapotaceae</i> <i>Plumbaginaceae</i>	242.	<i>Myrsinaceae</i>
<i>Diapensiaceae</i>	243.	<i>Primulaceae</i>

<i>Gymnospermae</i>	<i>Taccaceae</i> <i>Triuridaceae</i>
<i>Sapindales</i>	<i>Plumbaginales</i>
<i>Myrsinaceae</i>	<i>Primulaceae</i>
<i>Theophrastaceae</i>	<i>Primulaceae</i> <i>Corynocarpaceae</i>
<i>Sapotaceae</i>	
<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Theophrastaceae</i> <i>Lentibulariaceae</i>
<i>Myrsinaceae</i>	

³⁾ Goethes Werke II. 6 (Weimar, 1894), S. 10-12.

<i>Rosales</i>	<i>Campanulatae</i>	Series XLIX.	<i>Rubiales</i>
<i>Compositae</i>	<i>Dipsacaceae</i>	275.	<i>Rubiaceae</i>
<i>Cornaceae</i>	<i>Valerianaceae</i>	276.	<i>Caprifoliaceae</i>
<i>Saxifragaceae</i>	<i>Araliaceae</i>	277.	<i>Adoxaceae</i>
	<i>Dipsacaceae</i>	278.	<i>Valerianaceae</i>
<i>Calyceraceae</i>	<i>Loasaceae</i>	279.	<i>Dipsacaceae</i>

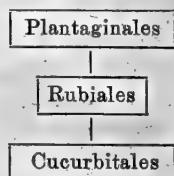
Die obigen beliebig aus dem ganzen System herausgegriffenen Beispiele, die nur die Verwandtschaftsverhältnisse einiger weniger Serien und Familien veranschaulichen — denn die Darstellung des ganzen Systems ist schon aus räumlichen Gründen nicht möglich — werden genügen, um Hayatas Anschauungen deutlich zu machen. Man ersieht aus diesem Schema nicht nur die Verwandtschaft zu unmittelbar folgenden und vorhergehenden Familien, sondern auch die Beziehungen zu entfernter stehenden, da diese in jedem einzelnen Falle (oben in Kursivdruck) mitgenannt werden. Während früher die verschiedenen Verwandtschaftskreise einzeln der Reihe nach zitiert wurden, also z. B. im Englerschen System aufeinander folgten:

- Ser. XLVIII *Plantaginales*,
 Ser. XLIX *Rubiales*,
 Ser. L *Cucurbitales*

und daraus nur eine gewisse Verwandtschaft zwischen *Rubiales*, *Plantaginales* und *Cucurbitales* hervorging, ergeben sich aus dem Schema Hayatas zugleich alle sonstigen noch vorhandenen Beziehungen. Denn von ihm werden sämtliche anderen Reihen und Verwandtschaftskreise mit aufgeführt, die sonst noch den *Plantaginales*, *Rubiales* und *Cucurbitales* näher stehen; bei ihm heißt es

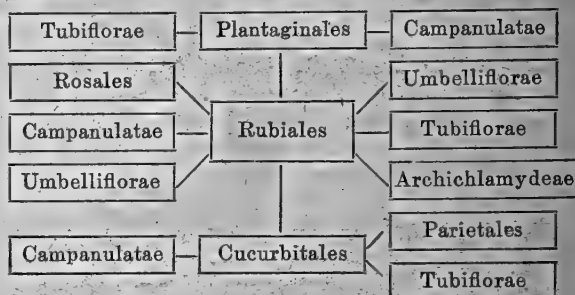
Tubiflorae Ser. XLVIII *Plantaginales Campanulatae*,
Rosales Campanulatae Ser. XLIX *Rubiales Umbelliflorae Parietales Archichlamydeae Tubiflorae*,
Campanulatae Serie L *Cucurbitales Parietales Tubiflorae*.

Daraus erkennt man nicht nur, daß *Plantaginales*, *Rubiales* und *Cucurbitales* miteinander verwandt sind, sondern man sieht zugleich auch, daß die *Plantaginales* Beziehungen zu den *Tubiflorae* und *Campanulatae*, die *Rubiales* solche zu den *Rosales*, *Campanulatae*, *Umbelliflorae*, *Parietales* usw., die *Cucurbitales* endlich zu den *Campanulatae*, *Parietales* und *Tubiflorae* besitzen. Er gruppiert gleichsam um jede Serie, jede Familie alle ihre Verwandten, und, während früher einfach aufeinander folgten:



<i>Umbelliflorae</i>	<i>Parietales</i>	<i>Archichlamydeae</i>
<i>Tubiflorae</i>		
<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Valerianaceae</i>	<i>Umbelliflorae</i>
<i>Polypetala</i>	<i>Loganiaceae</i>	<i>Bignoniaceae</i>
<i>Apocynaceae</i>	<i>Cornaceae</i>	
<i>Rubiaceae</i>	<i>Adoxaceae</i>	
<i>Caprifoliaceae</i>		
<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Rubiaceae</i>	
<i>Valerianaceae</i>	<i>Rubiaceae</i>	

würde sich heute nach Hayata folgendes Bild ergeben:



Ebenso verhält es sich mit den Familien. Die *Rubiaceen* z. B. sind nicht nur, wie man nach den bisherigen Systemen annehmen könnte, mit den unmittelbar folgenden *Caprifoliaceen* verwandt, sondern weisen Beziehungen zu zahlreichen anderen Familien auf, nämlich zu all denen, die ihnen im obigen Schema in Kursivdruck beigelegt sind, also *Compositae*, *Dipsacaceae*, *Valerianaceae* usw. Man sieht daraus, daß das ganze System durchaus nicht eine einfache lineare Entwicklungsreihe darstellt, sondern daß im Gegenteil sehr mannigfache und vielseitige Beziehungen bestehen, die eben nur in dem von Hayata angewendeten Schema zum Ausdruck gebracht werden können. Dabei ist die zugrunde gelegte Reihenfolge der Familien völlig gleichgültig, denn die Verwandtschaften treten auch bei einer anderen Gruppierung gleich deutlich hervor. Das ganze System ist eben nicht in starre, unveränderliche Formen gezwängt, sondern es ist dynamisch, beweglich nach allen Richtungen hin.

Natürlich werden die Ansichten über Hayatas Einheitsart und das darauf gegründete dynamische System vielfach geteilt sein, vor allem deshalb, weil hierin schließlich jede Entwicklung, jede Unterscheidung zwischen höher und tiefer stehenden Verwandtschaftskreisen bestritten wird. Auch die von ihm konstruierten Beziehungen zwischen den einzelnen Reihen, Familien usw. werden manchem Zweifel begegnen. Schon jetzt kann man gegen sie einwenden, daß Hayata als Grundlage für sie Merkmale benutzt, die man bisher sehr verschieden bewertete. Denn einfache Analogien, wie kolbenförmige Anordnung der Blüten, erikoide Blattgestalt, ähnliche Fruchtentwicklung, Kleinheit der Samen oder andere, auf gleiche Lebensbedingungen zurückzuführende Übereinstimmungen, wie Sukkulenz und dergleichen, werden von ihm mit anderen, früher für

viel wichtiger erachteten Merkmalen, wie Blütenbau, Zahl und Stellung der Samenanlagen usw., auf eine Stufe gestellt. Und gerade diese gänzliche Gleichstellung aller Merkmale, ihre Zurückführung auf vollkommen gleichwertige Gene wird den meisten Systematikern trotz der Berufung auf *Goethe* schwer verständlich sein. Ebenso dürften Unklarheiten darüber bestehen, wieweit die „Einheitsart“ auszudehnen ist. Von *Hayata* zwar zunächst nur auf die Blütenpflanzen angewendet, müßte sie mit demselben Rechte auch auf die niederen Organismen des Pflanzenreiches erweitert werden, und von da wäre es nur noch ein Schritt, um auch die Vertreter des Tierreichs miteinzuschließen. *Hayata* selbst unterläßt es, derartige Folgerungen zu ziehen; daß sie ihm nahe liegen, ergibt sich oft genug aus seinen Ausführungen, die immer wieder das alte Goethesche Bestreben erkennen lassen, alle Lebewesen in Eins zusammenzufassen und zu vereinigen.

Besprechungen.

Berg, Ragnar, Die Vitamine. Kritische Übersicht der Lehre von den Ergänzungstoffen. Leipzig, S. Hirzel, 1922. VIII, 336 S. 17 × 24 cm.

Als im Jahre 1914 die erste zusammenfassende Darstellung über Vitamine aus der Feder *Casimir Funks* erschien, worin der um den Ausbau des neuen Wissensgebietes so verdiente Autor nicht nur einen Überblick über das bis dahin Bekannte gab, sondern gleichzeitig die Aufgaben der Forschung für die Zukunft kühn zu umreißen versuchte, konnte man nicht ahnen, daß dieser neue Wissenszweig sich in kurzer Zeit so gewaltig entwickeln und einen so bedeutsamen Einfluß auf die praktische Ernährungslehre (insbesondere für den heranwachsenden Organismus) nehmen würde. Erst jetzt nach Beendigung des Krieges, als die wissenschaftliche Blockade ihr Ende erreicht hatte, sahen wir in Deutschland, in welcher großzügiger Weise und mit welcher unbeschränkten Mitteln man in England und besonders in Amerika während der Kriegsjahre auf dem Vitamingebiet weiter gearbeitet hatte.

Nun erscheinen fast genau um die gleiche Zeit in Deutschland zwei neue Vitaminbücher! Das eine von *Casimir Funk*, das als zweite Auflage des alten Werkes bezeichnet wird, aber in Wirklichkeit in ganz neuem Gewand auftritt (was ja nicht weiter Wunder nimmt, wenn man bedenkt, daß ein ganz wesentlicher Teil der Vitaminlehre erst in den letzten 8 Jahren geschaffen wurde), und das andere von *Ragnar Berg*, das an dieser Stelle kurz besprochen werden soll. Daß der durch seine umfassenden Arbeiten auf dem Gebiete des Mineralstoffwechsels bekannte Forscher die Entwicklung des Vitamingebietes von Anfang an mit größter Aufmerksamkeit verfolgte, ist leicht verständlich. Stellt doch das Forschungsgebiet, das sich mit den „Vitaminen“ befaßt, nur einen verhältnismäßig beschränkten Teil desjenigen Abschnitts der Ernährungslehre dar, der sich mit der qualitativ unzureichenden Ernährung beschäftigt. Ein anderer, ebenso wichtiger Teil ist die Lehre von dem Bedarf an den einzelnen Mineralstoffen. Dieses wichtige Kapitel der Ernährungsphysiologie ist leider infolge methodischer Schwierigkeiten (allein schon die Unmöglichkeit, die organischen Nahrungsstoffe ganz frei von Mineral-

stoffen zu bekommen, stört auf Schritt und Tritt) bei weitem nicht so weit ausgebaut, wie man bei dem hohen Stand der Ernährungslehre erwarten sollte. Und so ist es begreiflich, daß *Ragnar Berg*, wie er selbst erzählt, der Vitaminlehre mit der größten Skepsis gegenübertrat und bei den Insuffizienzerscheinungen zunächst an einen Mangel an Mineralstoffen dachte. Diese Skepsis war durchaus nicht unberechtigt. Denn das Fehlen bestimmter anorganischer Stoffe in der Nahrung kann zu ganz ähnlichen Folgezuständen führen wie Vitaminmangel selbst: Wachstumshemmung, schwere Appetitlosigkeit, nervöse Erscheinungen usw., und schließlich hat man solche Beobachtungen auch bei ungenügender Zufuhr bestimmter Aminosäuren gemacht. Es gibt also zweifellos eine ganze Reihe von Störungen, die (in verschiedenem Grade und in verschiedener Weise bei den einzelnen Tiergruppen) bei jeder Art der qualitativen Nahrungsinsuffizienz sich geltend machen können. Merkwürdigerweise wird diese Tatsache von dem Verfasser gar nicht in dieser scharfen Formulierung hervorgehoben. Auch die große Bedeutung, die nach den neuesten Forschungen amerikanischer Autoren den Vitaminen für die Aufnahme und den Ansatz bestimmter Mineralstoffe (der Phosphorsäure und des Kalziums namentlich) zukommt, ist nicht genügend betont; das sei hier schon gleich vorweg bemerkt.

Zu dem Inhalt des Werkes kann im Umfange eines kurzen Referats natürlich nicht im einzelnen Stellung genommen werden, vor allem da, wo es sich um Fragen handelt, in denen der Verfasser seinen besonderen Standpunkt vertritt und sich in scharfen Widerspruch zu den deutschen Ernährungsphysiologen setzt. Nur in großen Zügen kann ein Bild von dem Buch entworfen werden!

In dem ersten Kapitel wird die biologische Wertigkeit der Eiweißkörper eingehend gewürdigt. Die enge Verknüpfung der hierher gehörigen Forschungen mit dem Vitamingebiet ist nicht nur historisch, sondern auch im Hinblick darauf, daß man es auch hier mit qualitativer Nahrungsinsuffizienz zu tun hat, vollauf berechtigt.

Bekanntlich hat seinerzeit ein in diesen Fragen besonders bewandelter Forscher, *Röhmnn*, geglaubt, alle als Vitaminmangel gedeuteten Insuffizienzerscheinungen auf Ernährung mit unterwertigem Eiweiß zurückführen zu sollen.

Daß der Bedeutung der Mineralstoffe eine breite Darstellung zuteil wurde, versteht sich bei der besonderen Einstellung des Verfassers zu diesem Forschungsgebiet von selbst und ist überdies sehr zu begrüßen. *Ragnar Berg* benützt das Kapitel, um hier nochmals seine viel angefochtene Behauptung von der Wichtigkeit eines Basenüberschusses in der Kost für eine vernunftgemäße Ernährung ausführlich zu begründen, eine Behauptung, die bekanntlich erst neuerlich wieder von *C. v. Noorden* und *Salomon* mit Entschiedenheit abgelehnt wurde.

In den eigentlichen Vitaminkapiteln bringt der Verfasser, wie das schon im Untertitel des Werks zum Ausdruck kommt, eine kritische Übersicht über das Vitamingebiet, auf dem er selbst nicht gearbeitet hat. Er zeigt dabei eine umfassende Literaturkenntnis. Zwischen die Kapitel, in denen die einzelnen Vitamine und die spezif. Avitaminosen abgehandelt werden, wird ein bes. Abschnitt den Bedingungen des Wachstums gewidmet. Bei der großen Bedeutung der Vitamine für den Anwuchs ist eine zusammenfassende Darstellung alles hierher gehörigen von besonderem Wert.

Zwei besondere Kapitel befassen sich mit der *Ödemkrankheit* und der *Pellagra*; auch hier kommt der besondere Standpunkt *Ragnar Bergs* zum Mineralstoffwechsel wieder sehr stark zum Ausdruck und das gleiche gilt für die Anschauungen, die über die Ätiologie der *Sprue* (die anhangsweise behandelt wird) ausgesprochen werden.

Sehr zu begrüßen ist eine Übersichtstabelle, in der der Gehalt wohl der meisten zur menschlichen Ernährung benötigten Produkte des Tier- und Pflanzenreichs an den einzelnen Vitaminen verzeichnet ist.

Ein reichhaltiges Autoren- und Sachregister erleichtert das Nachschlagen.

Schließlich noch ein Wort über die von *Ragnar Berg* vorgeschlagene Bezeichnung für die Ergänzungsstoffe! Er spricht von *Komplettingen*! Bei aller Würdigung der gegen den Namen „Vitamin“ vorgebrachten Bedenken, die zum Teil auch der Reflektion schon an anderer Stelle zum Ausdruck brachte, scheint die neue Bezeichnung keinen Fortschritt zu bedeuten. Abgesehen von Bedenken sprachlicher Natur wird man dem deutschen Wort „Ergänzungsnährstoff“ unbedingt den Vorzug geben müssen und lieber dabei bleiben! Aber hierum handelt es sich ja gar nicht. Das Wort *Vitamin*, das von *Funk* ursprünglich für den Beriberischlussstoff (und verwandte Substanzen) geprägt worden ist, hat sich nun einmal eingebürgert und hat in der ganzen Welt Aufnahme gefunden. Man sollte es also dabei bewenden lassen, auch wenn sich der Name der Stoffe für den es ursprünglich geprägt worden ist, inzwischen vergrößert hat.

Aber das sind ja belanglose Dinge! Das Werk gibt, was es verspricht: Eine umfassende kritische Würdigung des gesamten zurzeit vorliegenden Tatsachenmaterials. Daß es in allen Fragen, die den Mineralstoffwechsel und damit die besondere Stellungnahme des Forschers zu diesem Gebiet betreffen, etwas einseitig ist, muß in Kauf genommen werden. Auf der andern hat ein stark subjektiv geschriebenes Buch wie dieses auch seine entsprechenden Vorzüge: Lebendiges, unterschiedenes Eintreten für bestimmte Anschauungen. Der kritische Leser wird hierdurch zweifellos stärker angeregt, wenn auch vielleicht zum Widerspruch, als durch eine Darstellung, die allen Schwierigkeiten aus dem Wege geht und ein entschlossenes Bekenntnis in strittigen Fragen vermeidet.

Als eine Einführung in das ganze Wissensgebiet, die überall Anregungen bringt, ist dieses Werk eines selbständigen Kopfes warm zu empfehlen.

Wilhelm Stepp, Gießen.

Geiringer, Hilda, Die Gedankenwelt der Mathematik.

Berlin und Frankfurt a. M., Verlag der Arbeitsgemeinschaft, 1922. 8°. 200 S. Preis M. 35.—.

Diese Schrift bezweckt, „die Stellung der Mathematik im System unserer wissenschaftlichen Weltbetrachtung und (nach Ursprung sowohl wie nach Anwendung) in unserem Leben überhaupt“ denjenigen darzulegen, die eine allgemeine Orientierung über die mathematische Wissenschaft wünschen. Zugleich ist sie als Unterlage oder als Anregung gedacht für zusammenfassende Darstellungen des Wissensgebietes der Mathematik, wie sie in akademischen Vorlesungen und auch in Volkshochschulkursen anzustreben wären.

Der Inhalt des Buches gliedert sich in drei Hauptteile. Der erste Teil handelt — allerdings nur ziemlich kurz — von den psychologischen Wurzeln und von der Entwicklung des mathematischen Forschens, der zweite von der Methode des mathematischen Erkennens und seinem Verhältnis zur Anschauung, zur Logik und zur Wirklichkeit; der dritte handelt von der Bedeutung, welche der Mathematik einerseits durch ihre Anwendungen, insbesondere auf die Physik, andererseits wegen ihres inneren, ästhetischen Wertes zukommt. In einem Anhang folgen dann noch einige Bemerkungen und Vorschläge zur Methode des mathematischen Unterrichts.

Die Ausführungen über die verschiedenen Fragen bieten vor allem eine reichhaltige Auswahl von Gedanken und auch wörtlichen Zitaten aus der einschlägigen neueren Literatur. (Ein Verzeichnis der berücksichtigten Literatur, versehen mit erläuternden Bemerkungen, befindet sich am Schluß des Buches.)

Der erkenntnistheoretische Standpunkt, den *Hilda Geiringer* vertritt, ist der des Empirismus. Insbesondere schließen sich ihre Darlegungen viel an die Gedankengänge *Machs* an. Die Betrachtungen über die Axiomatik sind in Ablehnung an *Wellstein*, die über Approximationsmathematik im Anschluß an *Klein* ausgeführt. Bei der Besprechung der psychologischen Fragen erfahren die Gesichtspunkte der Psychoanalyse eine vorurteilsfreie Berücksichtigung.

Die Stellungnahme *Hilda Geiringers* zu den grundsätzlichen Fragen hat den Vorzug logischer Klarheit und Einheitlichkeit; jedoch verführt die Tendenz zur Einfachheit der Auffassung sie mitunter zu einem Hinweggehen über Feinheiten und Schwierigkeiten. Dies gilt insbesondere bezüglich ihrer Besprechung des Verhältnisses von Mathematik und Logik, bei welcher die Paradoxien der Mengenlehre und die mit diesen zusammenhängenden aktuellen Probleme gänzlich ignoriert werden.

Ein wesentlicher, dem Buche im ganzen anhaftender Mangel besteht darin, daß es zu wenig aus dem eigentlichen Gedankenkreise der Mathematik hervorgegangen ist und daher auch die Art und die Bedeutung des mathematischen Denkens dem Außenstehenden nicht genügend nahebringt. Die Methode der Mathematik wird nur vom erkenntnistheoretischen Gesichtspunkt aus geschildert, sodaß der Leser fast nur von dem erfährt, was an der Peripherie der Mathematik liegt. Und was die Anwendungen der Mathematik auf die Naturwissenschaft betrifft, so sind die Betrachtungen, welche *Hilda Geiringer* hierüber im Sinne von *Mach* anstellt, wohl geeignet, einer zu weitgehenden rationalistischen Begeisterung Einhalt zu tun; hier aber käme es doch vor allem darauf an, eine Vorstellung zu geben von der großen Fruchtbarkeit und heuristischen Kraft, welche die mathematische Systematik und der mathematische Formalismus in der Physik bewährt, und auf die gewaltigen Triumphe hinzuweisen, die das mathematische Denken in der neueren Entwicklung der physikalischen Theorien errungen hat.

Hinsichtlich der Form der Darstellung sei schließlich noch bemerkt, daß man bei einer Schrift, die ein Wissensgebiet einem weiteren Leserkreise zugänglich machen soll, eine etwas spannendere Gedankenführung wünschen möchte.

P. Bernays, Göttingen.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 5. (Seite 65—80.)

2. Februar 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die britischen Mount Everest-Expeditionen 1921 und 1922. Von *Otto Baschin, Berlin*. S. 65.

Über Acidose und Alkalose. Von *Otto Porges, Wien*. S. 70.

Erzeugung und Nutzbarmachung von Kälte. S. 73.

Besprechungen:

Michaelis, Leonor, Die Wasserstoffionenkonzentration. 2. Auflage. Teil I. Die theoretischen Grundlagen. Von *Leon Asher, Bern*. S. 75.

Arrhenius, Svante, Die Chemie und das moderne Leben. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 75.

Ephraim, Fritz, Anorganische Chemie. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 76.

Chemische Literatur. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 77.

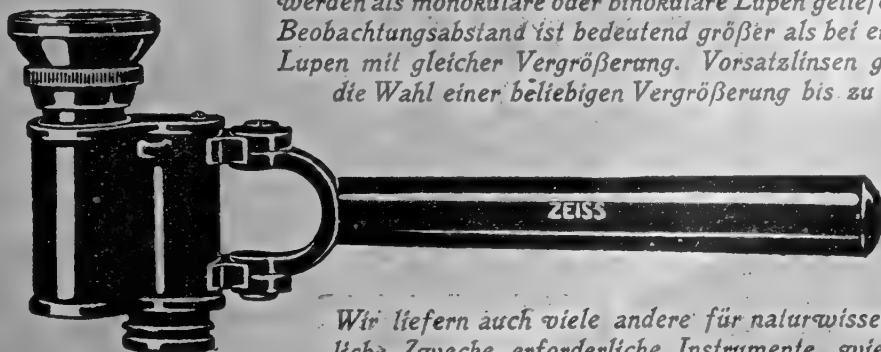
Frischau, J., Grundriß der theoretischen Astronomie. Von *H. Kienle, München*. S. 77.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Serien im Blei-Bogenspektrum. Von *V. Thorsen, Kopenhagen*. S. 78.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 79—80.
Die Ausbeutung neuer Radiumvorkommen. Über die Leistungen der Eötvösschen Schwerewage.

ZEISS Fernrohr-Lupen



werden als monokulare oder binokulare Lupen geliefert. Der Beobachtungsabstand ist bedeutend größer als bei einfachen Lupen mit gleicher Vergrößerung. Vorsatzlinsen gestatten die Wahl einer beliebigen Vergrößerung bis zu 30 fach.

Wir liefern auch viele andere für naturwissenschaftliche Zwecke erforderliche Instrumente, wie Mikroskope, Einschlaglupen usw.

Druckschriften und
Auskunft durch:

CARL ZEISS, JENA

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 800.— M. für Februar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 250.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9 Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Emil Chr. Hansen Medaille für 1923.

Auf Grund einer letztwilligen Bestimmung des verstorbenen Professors Dr. Emil Chr. Hansen, Direktor der physiologischen Abteilung des Carlsberg Laboratorium zu Kopenhagen und dessen Frau ist unter seinem Namen ein Fond gestiftet worden, dessen Statuten unterm 17. Juni 1911 Königliche Ratifikation erhielten.

In entsprechenden Zeitintervallen, und zwar in der Regel alle zwei oder drei Jahre ist an dem Geburtstage des Stifters, 8. Mai, eine sein Bildnis tragende goldene Medaille, der eine Geldsumme von wenigstens 2000 Kronen beigegeben wird, an den Verlasser einer in den letzten Jahren in Dänemark oder im Auslande veröffentlichten hervorragenden mikrobiologischen Arbeit auszuteilen.

Die Verwaltung des Fonds ist den Direktoren der beiden Abteilungen des Carlsberg Laboratorium im Verein mit einem von der Oberdirektion dieses Laboratoriums erwählten dänischen biologischen Forscher unterstellt.

Wem die Medaille zuerkannt werden soll, wird einer Prüfungskommission anheimgestellt, bestehend aus dem obenerwähnten Verwaltungsausschuß und mindestens zwei ausländischen Forschern im mikrobiologischen Gebiete, welche auf Ersuchen des Verwaltungsausschusses eingewilligt haben, der Kommission beizutreten.

Die Medaille wurde im Jahre 1914 Professor Dr. Julius Bordet, Brüssel, für Untersuchungen im Gebiete der medizinischen und im Jahre 1922 Professor Dr. M. W. Beijerinck, Delft, für Untersuchungen im Gebiete der allgemeinen Mikrobiologie, erteilt.

Man gedenkt im J. 1923 die Medaille einem im Gebiete der marinen Mikrobiologie experimentell arbeitenden Forscher zu erteilen.

Es sind der Prüfungskommission beigetreten: Professor Dr. H. H. Gran, Universität Christiania, Norwegen, und Professor Dr. Charles Atwood Kofoed, University of California, Berkeley, U. S. A.

Alle Mitteilungen den Fond betreffend sind dem Vorsitzenden des Verwaltungsausschusses zuzustellen, von dem auch alle weiteren Auskünfte erteilt werden.

Kopenhagen-Valby, Januar 1923.

Mitglieder des Verwaltungsausschusses:

Professor Dr. med. u. med. vetr. C. O. Jensen, Direktor des Serumlaboratoriums der Königl. Tierärztlichen und Landwirtschaftlichen Hochschule zu Kopenhagen.

Dr. phil. J. o h s. S c h m i d t, Direktor der Physiologischen Abteilung des Carlsberg Laboratorium zu Kopenhagen.

Professor Dr. phil. u. med. S. P. L. S ö r e n s e n, Direktor der Chemischen Abteilung des Carlsberg Laboratorium zu Kopenhagen, Vorsitzender des Verwaltungsausschusses.

Die britischen Mount Everest-Expeditionen 1921 und 1922.

Von Otto Baschin, Berlin.

Unter allen geographischen Forschungsreisen der letzten Zeit nimmt zweifellos der Versuch, den höchsten Berggipfel der Erde zu erreichen, eine ganz hervorragende Stellung ein. Geographischer Forschungsdrang und sportlicher Ehrgeiz vereinigen sich hier in harmonischer Weise, um das gewaltigste Bergmassiv zu erforschen, dessen Spitze man wohl als den Punkt der Erdoberfläche bezeichnen kann, der am schwierigsten zu erreichen ist. In der Tat kommen Hindernisse verschiedener Art in Betracht, mit denen selbst die Eroberer der Erdpole, Dr. Cook und Peary sowie Amundsen und Scott, nicht zu rechnen brauchten. Erschwernisse, die namentlich in der enormen Höhe bzw. in der physiologischen Beschaffenheit des menschlichen Organismus begründet sind. Über diese Schwierigkeiten, sowie über die geographische Bedeutung des Problems und den ersten Plan der Expedition ist in den „Naturwissenschaften“ bereits früher berichtet worden¹⁾.

Das große Ansehen, welches jene beiden Londoner Organisationen, die Royal Geographical Society und der Alpine Club, die gemeinsam das große Unternehmen in die Wege geleitet haben, in der britischen Welt genießen, hat den Erfolg gehabt, daß der Erreichung des Mount Everest-Gipfels der Stempel einer Angelegenheit von nationaler Bedeutung aufgedrückt wurde. In zähem Ringen sind die Besteigungsabteilungen, nach sorgfältiger Vorbereitung im Sommer 1921, schließlich im Mai 1922 bis 580 m unter den Gipfel vorgedrungen. Vor allem aber haben die Expeditionen in den beiden Jahren eine Fülle wichtiger und erfolgreicher Forscherarbeit geleistet, indem sie ein bisher in Europa völlig unbekanntes Gebiet von Südwest-Tibet der Wissenschaft erschließen und reiche Sammlungen von dort heimbringen konnten.

Über den Fortgang der Expeditionen sind laufend Originalberichte, zum Teil mit prächtigen Photographien reich ausgestattet und durch verschiedene Karten erläutert, in der Zeitschrift der Royal Geographical Society erschienen²⁾, aus denen manche andere Zeitschriften schöpfen konnten. Außerdem hat der Leiter der ersten

Expedition von 1921 eine zusammenfassende Darstellung derselben in Buchform veröffentlicht³⁾. Eine solche der zweiten Expedition von 1922 steht noch aus. Da jedoch für das Jahr 1923 noch ein dritter Versuch gemacht werden soll, bei dem man die Spitze des Mount Everest zu erreichen hofft, so dürfte es angebracht sein, über die bisher erzielten Ergebnisse schon jetzt einen kurzen Überblick zu geben.

Die Expedition von 1921 stand unter der Leitung von Oberst Howard Burg. Ihr Ausgangsort war Darjiling, jener in 2200 m Höhe am Südrand des Himalayagebirges, 520 km nördlich von Kalkutta herrlich gelegene klimatische Erholungsort, den die in Indien wohnenden Europäer gern mit den heißen Niederungen am Gangesflusse vertauschen. Am 18. Mai erfolgte der Aufbruch.

Die indische Regierung hatte die Majore Morshead und Wheeler zu Vermessungs- und Kartierungsarbeiten mitgesandt. Für die Hochtouren waren H. Raeborn, Mallory und Bullock ausersehen. Zum Transport der Lasten hatte die indische Regierung 100 Maultiere zur Verfügung gestellt. Der Weg führte durch tropische Täler mit prächtiger Vegetation und wundervollen Schmetterlingen in allen Farben. Orchideen von weißer, brauner, Orange- und Purpurfarbe, 5–6 m hohe Hecken von Datura mit Hunderten von weißen trompetenförmigen Blüten, die 30 cm Länge und 20 cm Durchmesser erreichten, entzückten die Teilnehmer. Man traf tibetanische Karawanen, die auf Maultieren Wolle aus Tibet oder Reis, Korn und Tuch dorthin zurückbrachten. Die eigenen Tiere aber versagten leider bereits wenige Tage nach dem Abmarsch, so daß man andere requirierte bzw. Ersatz durch Ponys geschaffen werden mußte. Das regnerische Wetter hatte auch für die Forscher selbst böse Folgen, denn mehrere erkrankten in der Folgezeit an Durchfall. In größeren Höhen erreichte man nach Passieren einer Zone von Eichen und Magnolien blühende Rhododendronwälder in allen Farben und von unbeschreiblicher Schönheit. Darüber folgten Grasfluren mit Primeln und anderen alpinen Pflanzen. Am Passe Jelep La wurde in 4384 m Höhe die Grenze zwischen Sikkim und Tibet überschritten, und der Weg führte hinab in das Tal von Chumbi, eines der fruchtbarsten

¹⁾ Die geplante Besteigung des Mount Everest. Die Naturwissenschaften, Berlin 1921, 9. Jahrg., Heft 27, S. 530–532.

²⁾ The Geographical Journal, London 1921, Vol. 57, S. 460–461; Vol. 58, S. 56–58, 136–137, 225–226, 276–283, 371–377, 446–454. — 1922, Vol. 59,

S. 50–51, 81–112, 207, 379–383, 418–436, 459–462; Vol. 60, S. 67–71, 141–144, 218–220, 288–291, 385–424.

³⁾ Mount Everest, The Reconnaissance 1921. By C. K. Howard-Bury and other Members of the Mount Everest Expedition. X–356 S. Illustr. Karten. London, Edward Arnold & Co. Preis 25 sh. net.

und wohlhabendsten Täler Tibets, mit großen, gut gebauten, an Tirol erinnernden Häusern. Hier ließ der Regen, der nur ein Viertel desjenigen auf der Sikkimseite zu betragen pflegt, beträchtlich nach. Überall wachsen Kartoffeln, Gerste, Weizen, Äpfel, Birnen. Die zahlreichen Klöster, die man unterwegs antraf, besitzen riesige Gebetsräder, die über eine Million Gebete enthalten und mitunter durch Wasserkraft getrieben werden, oft auch durch Wind, weil das Wasser sechs Monate lang gefroren ist. Im Donkakloster besteht ein richtiges Orakel, das viel befragt wird, und zu dem die Gläubigen von weit her angereist kommen.

Auf der Höhe des Passes Tang La (4630 m) erreicht der nach Süden entwässernde Chumbi-Fluß seine Wasserscheide, und bald gelangte man in das Stromgebiet des Arun, der östlich des Mount Everest, von Norden kommend, die ganze Gebirgskette des Himalaya durchbricht und sich in den Kusi, einen Nebenfluß des Ganges, ergießt. Dem Arun fließen längs des Nordrandes des Himalaya zwei Hauptnebenflüsse zu, von Osten der Jaru-tschu, von Westen der Bongtschu, der aber auf dem Stielerischen Atlas als Dingri-tschu bezeichnet ist⁴⁾. Im Quellengebiet des Jaru-tschu fand sich viel Wild. Lästig war die Mückenplage. Der erste Ort im Jarugebiete war Kampa Dshong (28¼° Nord, 88½° Ost, 4630 m). In dieser Gegend starb am 5. Juni Dr. Kellas infolge Überanstrengung des Herzens. Sein Tod bedeutete einen unersetzlichen Verlust, weil er nicht nur als Hochtourist im Himalaya bereits Berge von mehr als 7000 m erklommen hatte, sondern auch bis 7200 m Höhe wissenschaftliche Untersuchungen über das Verhalten des menschlichen Körpers in solchen Höhen angestellt hatte, deren Ergebnisse gerade bei der Besteigung des Mount Everest verwertet werden sollten. Außerdem erkrankte der Leiter der eigentlichen Besteigungsabteilung, Raeburn, und mußte zurücktransportiert werden.

Hinter Kampa Dshong begann ein Gebiet, das noch nie von Europäern betreten worden war, weshalb die Reisenden von der sympathischen, jedoch sehr neugierigen Bevölkerung viel angestaunt wurden. Der Weg führt durch eine hohe, aber offene Gegend, die dicht bevölkert ist. Unterhalb Kampa Dshong sah man in einem Seitentale gleichzeitig 15 Dörfer.

Nach Erreichung des Arun ging der Weg im Tale des Bong tschu aufwärts bis Schekar Dshong (28¼° Nord, 87° Ost, 4450 m) und dann noch weiter westwärts bis Dingri, das am 19. Juni erreicht wurde, und von wo aus dann die Vorstöße in die südlich gelegenen Hochgebirgsmassive erfolgten. Schekar Dshong liegt am Fuße eines steilen Felsens, der ein aus zahlreichen Gebäuden bestehendes, von 400 Mönchen bewohntes Kloster

⁴⁾ Bei der Schreibweise der geographischen Namen folge ich, einem älteren, jahrzehntelang bewährten Brauche entsprechend, stets soweit wie möglich dem Vorbilde der neuesten Ausgabe des bekannten Stielerischen Handatlas.

trägt. Turmbesetzte Wälle verbinden es mit einer höher gelegenen Festung, und diese wieder mit einem, den Gipfel krönenden Gebäude, dessen Stil dem gotischen ähnelt. Hier werden an jedem Morgen durch Verbrennen von Räucherwerk Opfer dargebracht. Der Tempel enthält mehrere lebensgroße vergoldete Buddhastatuen, die mit Türkisen und anderen kostbaren Steinen geschmückt sind. Hinter diesen erhebt sich eine kolossale Buddhastatue von 15 m Höhe. Die Forscher wurden hier, wie überall auf ihrem Wege, sehr freundlich und gastlich aufgenommen. Die Bewirtung erfolgte aus kunstvoll geschnittenen Schalen und silbernen Teetassen. Der Abt des Klosters war in Goldbrokat und Seide gekleidet. Die zur Zurücklegung kurzer Entfernungen nötige Zeit bezeichnet man hier nach der Zahl der Tassen Tee, die man inzwischen trinken kann. Drei Tassen Tee entsprechen etwa acht Kilometern.

Es folgte nun eine Zeit, in welcher die Täler, Bergabhänge und Gletscher im Norden und Osten des Mount Everest-Massivs ebenso wie der Nordabhang des etwa 60 km weiter westlich gelegenen Gaurisankar soweit als möglich erforscht wurden, um Aufstiegsmöglichkeiten zu erkunden. Eine Schilderung derselben im Zusammenhang ist nicht möglich, bietet auch vielfach nur alpinistisches Interesse. An der Hand der wunderbaren, z. T. durch Teleaufnahmen hergestellten Photographien der Originalveröffentlichungen dagegen bietet das Studium dieser imposantesten Eisgipfel unseres Erdballs einen hohen Genuß. Hier kann nur in skizzenhafter Weise ein Teil der wichtigsten Resultate wiedergegeben werden.

Aus allen Schilderungen tritt uns das Erstaunen über die unerwartete Schönheit und Üppigkeit der Vegetation selbst in großen Höhen entgegen. Ende Mai fand man in 3960 m den Boden übersät mit Primeln und anderen duftenden Blumen. Die Täler sind mit saftigem Gras bewachsen und reich an sprudelnden Quellen. Das obere Rongschar-Tal im Norden des Gaurisankar ist mit Wacholder, Primeln, Stachelbeeren und Weiden bewachsen. Die ganze Ostseite des Mount Everest bildet einen steilen, ungeheuren halbkreisförmigen Talschluß, aus dem sich mehrere große Gletscher herabziehen, die sich zu dem in das Kamatal ostwärts mündenden Kangschunggletscher vereinigen. Hier wächst noch bis 4100 m Rhododendron, Birke und Wacholder, ja in 3650 m findet man richtige Wälder von Wacholder mit Stämmen, die 6 m Umfang haben und bis 46 m emporragen. Etwas tiefer folgt die Zone der Silberföhre (*Abies webbiana*) mit Stämmen von 30 m Höhe und 7½ m Umfang. In 2750 bis 3050 m wird die befiederte Brumoniana über 45 m hoch bei 9 m Umfang. Jeder Busch und Baum ist mit langen grauen Hängeflechten bewachsen, der Boden sehr feucht und morastig.

Am Nordabhang des Berges kommen von

4880 m bis zur Schneegrenze (6100 m) drei verschiedene Spezies Edelweiß (*Leontopodium*) vor. In diesen Höhen findet man auch merkwürdige *Saussureas*, große Kompositen, die dicht mit Baumwollhaaren bepackt sind. Öffnet man sie, so findet man es in ihrem Innern selbst an kalten Tagen, wenn sie mit Schnee bedeckt sind, ganz warm, und oft fliegt dann summend eine Hummel heraus. Als höchsthinaufsteigende Pflanze wurde zwischen losen Steinen in 6100 m eine kleine *Arenaria* gefunden. In 5500 m zeigte prächtiger blauer Enzian (*Gentiana amoena*) Blüten von $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser. Auch die blaue Klatschrose (*Meconopsis horridula*), eine der schönsten Pflanzen dieses Gebietes, wird $1\frac{1}{2}$ bis 2 m hoch und hat himmelblaue Blüten von fast 5 cm Durchmesser, oft 16 an einer Pflanze.

In den Tälern sind wilde Rosenbüsche, bedeckt mit Hunderten wohlriechender Blüten bis $7\frac{1}{2}$ cm Durchmesser häufig. Das Hauptgetreide ist Gerste, die bis 4570 m gebaut wird. Weizen reicht bis 3900 m.

Die Tierwelt des erforschten Gebietes überraschte vor allem durch die geringe Scheu vor dem Menschen. In Freiheit lebende Tiere fraßen aus der Hand, z. B. Wildschafe, Raben und Felstauben in dem vom Mount Everest nach Norden auf Dingri zu führenden Hochtale. Das typische Säugetier Tibets, der haarige wilde Yak, hat nicht, wie man glauben sollte, einen schmutzigen und verfilzten Pelz. Er gehört vielmehr zu den reinlichsten Tieren und striegelt seine Haare durch Wälzen im Sande bis zum Seidenglanz. Ein vorzügliches Transporttier, kräftiger als der Yak, ist auch die, von den Tibetern mit dem Namen „Zoh“ bezeichnete Kreuzung von Hausrind und Yak. Ein Affe (*Semnopithecus entellus*), den man in 3350 m traf, war der einzige, den die Expedition zu Gesicht bekam. In 3650 m gerieten die Forscher in große Mengen sehr hungriger Blutegel, die ihnen viel zu schaffen machten. In 4270 m ließ sich ein lebhafter Kuckuck hören, während der Kuckuck in Indien oberhalb 1530 m nicht mehr vorkommt. Höher hinauf wurden alle Tiere seltener. Der wilde tibetische Esel „Kiang“ und Gazellen kommen gelegentlich vor. Die einzigen häufigeren Tiere sind die Pfeifhasen (*Ochotona*), die kolonienweise in Erdhöhlen leben. Eine Eidechse (*Prynocephalus*) ist bis 5180 m häufig. Weiter darüber hinaus wird das Tierleben spärlich. Wildschafe, Wolf, Fuchs, Hase, Ratten und Mäuse, Raben, Dohlen, Weihen und Lämmergeier wurden bis 6100 m beobachtet, aber auf dem Khartagletscher, im Nordosten des Berges, fand man noch in 6400 m Fährten von Fuchs, Wolf und Hase, in gleicher Höhe einen Habicht und einen Wiedehopf.

Die in der Tagespresse viel besprochenen Spuren, die im Schnee in 6550 m gesehen und einem menschenähnlichen Geschöpf zugeschrieben wurden, rühren wahrscheinlich von einem weit

ausschreitenden grauen Wolf her. Die Legende von einem hier im Schnee lebenden haarigen Menschen ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die Tibeter ihren Kindern mit den Erzählungen von einem solchen Fabelwesen, das dort die Stelle unseres „Schwarzen Mannes“ vertritt, Furcht einjagen. Als höchsthinaufsteigendes lebendes Wesen wurde weit über dem 7540 m hohen Nordgipfel des Bergmassivs ein Lämmer- oder Bartgeier beobachtet, der im Segelflug zu schweben vermochte, trotzdem die Luftdichte dort nur noch ein Drittel von derjenigen im Meeresniveau beträgt. Noch manche anderen biologischen Einzelheiten enthält der, mit lehrreichen Photographien ausgestattete Bericht über den Vortrag des Biologen der Expedition, A. F. R. Wollaston, vor der Royal Geographical Society (*Geographical Journal* 1922, 60, S. 5—20). An seine Darlegungen knüpfte sich noch eine interessante Erörterung, in die hervorragende Fachgelehrte eingingen. Der Direktor des Museums of Natural History, S. H. Harmer, erwähnte jene Hypothese, nach welcher das Leben der Erde auf Berggipfel entstanden sein müsse, weil diese bei der Abkühlung zuerst eine erträgliche Temperatur angenommen hätten. Er meint jedoch, daß die heutigen Berggipfel wohl sämtlich von zu jungem geologischen Alter seien, als daß man sie mit dieser Hypothese belasten könnte. N. B. Kinner wies darauf hin, daß die Erfahrungen der Expedition darauf schließen ließen, daß selbst hohe Gebirgsketten kein Hindernis für manche Vögel seien; ganz besonders gelte dies für Wandervögel.

Eine eigentümliche Schwierigkeit stellte sich der Anlage von zoologischen Sammlungen entgegen, nämlich die Eigenschaft der Heiligkeit, die vielen Orten für die Bekenner der buddhistischen Religion zukam. In der Nähe solcher heiligen Stellen aber ist das Töten von Tieren verboten. Daher ist z. B. das zwischen Kampa Dshong und Schekar Dshong gelegene Tinki Dshong ein Vogelparadies, wo auf besonderen Befehl des in Lhasa residierenden tibetischen Papstes, des Dalai Lama, kein Vogel belästigt werden darf. Im Rongbuktale am Nordabhang des Berges befindet sich noch in 5030 m ein großes Kloster mit Hunderten von Mönchen und Nonnen, weshalb hier in 30 km Entfernung von dieser heiligen Stätte kein Schaf geschossen werden durfte, was die Verpflegung sehr erschwerte. Für die zweite Expedition im Jahre 1922 war sogar ein allgemeines Schießverbot von der tibetischen Regierung erlassen worden, dessen strenge Innehaltung seitens der Mitglieder die Bevölkerung dankbar anerkannte und durch entgegenkommendes Verhalten belohnte.

Die Besteigungsversuche wurden zuerst von der Nordseite her unternommen. Das Ausgangslager befand sich an der linken, Westseite, des Rongbukletschers in 5490 m Höhe. Am 5. Juli konnte von hier aus

ein 7100 m hoher Punkt erstiegen werden, wobei sich ergab, daß die Nordwestseite des Berges in sehr steiler, mehr als 3000 m hoher Wand zum Talschluß abstürzt und daß auf dieser Seite unterhalb des Gipfels sehr schwierige Stellen den Erfolg in Frage stellten. Das Hauptquartier wurde daher von Dingri nach Kharta an die Nordostseite verlegt.

Hier wurde ein Haus mit Garten auf einer Flußterrasse in einem Hain von Pappeln und Weiden gemietet für 3½ Pence pro Tag. Ein Bediensteter kostete 2 Schilling 8 Pence pro Jahr! Das wohl kultivierte und volkreiche Khartatal mündet von Westen her in das Tal des nach Süden fließenden Arun, der hier in seinem Oberlauf noch den Namen seines rechten Quellflusses Bong-tschu trägt. Durch den oberen Teil des Khartatales gelangte die Besteigungsabteilung über den Khartagletscher und den, dessen Talschluß bildenden Paß Lakpa La in das Nährgebiet des nach Norden abfließenden Rongbukgletschers. Hier gelang es zwischen den obersten Ausläufern des Hauptgletschers und seines Ostarmes am 23. September eine Bergschulter, Chang La (7010 m) zu erreichen, eine Stelle, die nur noch 4 km von der im Süden aufragenden Spitze entfernt ist. Ein viertägiger Nordweststurm und strenge Kälte verhinderten jedoch ein weiteres Vordringen, so daß die Versuche für dieses Jahr abgebrochen werden mußten.

Ein anderer vergeblicher Versuch war von dem südlichen Nachbartale des Khartatales, dem Kamatale aus gemacht worden. In dessen oberen Teile sieht man gleich einer großen Schlange den gewaltigen Kangshunggletscher sich aus dem steilen und kreisförmigen, ungeheuren Talschluß am Ostabhang des Berges herabziehen. Am 17. September hatte man hier in 6400 m Höhe bei klarem Mondschein einen prachtvollen Ausblick über ein Nebelmeer, das alle Täler von Tibet und Nepal verhüllte. Die Luft war so klar, daß im Mondschein alle Gipfel, selbst der 160 km östlicher gelegene dritthöchste Berg der Erde, der Kanchanjanga (8580 m), scharf und deutlich zu sehen waren. Schließlich genossen die Teilnehmer noch einen Sonnenaufgang von unbeschreiblicher Pracht, der zuerst die Spitze des Mount Everest vergoldete. Mit Begeisterung schildern die Augenzeugen dieses seltene Naturschauspiel, das ihnen als ein Erlebnis von unerhörter Großartigkeit in unvergeßlicher Erinnerung bleiben wird. Am 20. September lagerte man in 6100 m an einer Stelle, die noch Blumen aufwies.

Am 5. Oktober verließ die Expedition Kharta und erreichte am 25. Oktober 1921 wieder ihren Ausgangspunkt Darjiling. —

Die zweite Expedition brach unter der Leitung von General Bruce bereits am 26. März 1922 von Darjiling auf. Bei der Ausrüstung hatte man sich die Erfahrungen des Vorjahres zunutze gemacht, und Hunderte von Maultierlasten wurden bis in große Höhen transportiert. Beson-

dere Sorgfalt verwandte man auf tragbare Apparate mit komprimiertem Sauerstoff. Auf dem Rücken jedes Bergsteigers wurden 4 Zylinder mit je 240 Liter Sauerstoff befestigt, von denen ein stählernes Zuleitungsrohr über die linke Schulter zum Munde führte. Der ganze Apparat wiegt 14½ kg. Am 11. April erreichte die Expedition Kampa Dshong, am 30. April in 5030 m Höhe eine Stelle im Rongbuktale, die zur Hauptstation ausersehen wurde. Von hier aus ging es etappenweise aufwärts. Lager 1 legte man am 1. Mai in 5425 m Höhe an, Lager 2 am 6. Mai in 6035 m, Lager 3 am 8. Mai in 6400 m, Lager 4 in 7007 m, Lager 5 am 20. Mai in 7620 m und Lager 6 in 7772 m. Von hier aus gelangten am 21. Mai Mallory, Major Norton und Dr. Somervell, ohne von der Sauerstoffversorgung Gebrauch zu machen, bis 8225 m. Am 27. Mai erreichten die Kapitäne Finch und Geoffrey Bruce unter Benutzung der Sauerstoffapparate sogar 8300 m, blieben also nur noch 580 m unter dem höchsten Berggipfel der Erde. Ein späterer Versuch, noch höher zu kommen, scheiterte, da eine Lawine 17 Mann in die Tiefe warf, von denen 7 ums Leben kamen.

Am 2. August war die Expedition bereits nach dem Ausgangspunkt Darjiling zurückgekehrt.

Auf einer dritten Expedition, die im Jahre 1923 abermals zum Mount Everest aufbrechen soll, hofft man dann endlich das Ziel zu erreichen.

Von den geographischen Ergebnissen steht an erster Stelle die Vermessung und Kartierung eines großen, bisher von Europäern niemals besuchten Teiles des Himalaya. Eine Fläche von mehr als 30 000 qkm wurde in dem Maßstabe von etwa 1 : 250 000 zum ersten Male aufgenommen. Ungefähr 1500 qkm der Umgebung des Berges selbst konnten unter Zuhilfenahme photographischer Methoden noch genauer kartiert werden. Den Veröffentlichungen im Geographical Journal sind neben kleineren Kartenskizzen im Text eine Übersichtskarte der Expeditionswege in 1 : 750 000, eine Spezialkarte des Mount Everest in 1 : 100 000 und eine geologische Karte in 1 : 750 000 beigegeben. Die prächtigen Photographien zeigen Hochgebirgsbilder von nie dagewesener Großartigkeit. Eine wichtige und nachahmenswerte Neuerung ist die durch rote Farbe gekennzeichnete Hervorhebung derjenigen Punkte auf der Karte, von denen aus die Aufnahmen der Panoramaphotographien erfolgt sind. Leider lassen sich aus den Panoramaaufnahmen keine genauen Höhen ableiten, da die horizontale Lage der optischen Achse des Apparates nicht sicher verbürgt werden kann. Aber zahlreiche interessante Einzelheiten, die im Texte nicht erwähnt sind, z. B. die Schneedrift auf den Kämmen, Luftwirbel auf den Gipfeln usw., lassen sich aus den bis in Höhen von 8230 m aufgenommenen Photographien erkennen.

Ein Bild zeigt die Nordfront des Mount Everest bei völliger Wolkenfreiheit von dem Standlager des Jahres 1922 im Rongbuktales aus einer Entfernung von fast 20 km. Es ist dies eine der beiden Photographien, die mit Teleobjektiven von den Enden einer 146 m langen Basis aufgenommen wurden. Die stereoskopische Kombination beider Aufnahmen soll einen glänzenden Eindruck von dem gewaltigen Bergmassiv geben. Überhaupt bietet sich hier ein dankbares Feld für stereophotogrammetrische Vermessungen, denn der Monsun bewirkt in jedem Sommer erhebliche Änderungen in dem Aussehen der Gletscher. Der östliche Arm des Rongbukgletschers ist stellenweise in Eispfeiler bis zu 90 m Höhe aufgelöst, deren Aussehen auf eine ähnliche Entstehungsweise wie beim Zackenfirn schließen läßt. Das stürzende Eis scheint ebenfalls eine große Rolle zu spielen, denn über steile Felsen von schwarzem Gestein brechen täglich große Eismassen von überhängenden Gletschern auf den Kangshunggletscher hinab, dessen Talschluß vielleicht der großartigste der ganzen Erde ist. Alle Zugänge zum Mount Everest von Norden, Nordwesten, Nordosten und Osten wurden sorgfältig erkundet und eine Besteigungsmöglichkeit über den Nordostkamm festgestellt.

Das Mount Everest-Massiv wird von einem komplizierten System von Tälern angeschnitten, die zum Arunflusse entwässern, der östlich des Berges unterhalb Kharta die Hauptkette des Himalaya nach Süden durchbricht. Es sind zwei westöstlich verlaufende wasserscheidende Gebirgsketten vorhanden. Die südliche Wasserscheide der höchsten Schneegipfel verläuft vom Khombupaß östlich des Gaurisankar über den Mount Everest, dann südöstlich über den Makalu (8470 m) und findet östlich des Arunflusses ihre Fortsetzung in der Grenzkette, die Sikkim und Tibet trennt und nördlich von der Gipfelgruppe des Kanchanjanga (8580 m) liegt. Die nördliche Wasserscheide des zentralen Himalaya ist mehr ein breiter Gürtel mit wenigen Gipfeln über 6000 m ohne lineare Anordnung. Von ihr strömen kurze Flüsse nordwärts dem Tsangpo (Brahmaputra) zu. Der Arun hat offenbar durch Rückwärtseinschneiden einen zwischen der nördlichen und der südlichen Wasserscheide ostwärts fließenden Strom angezapft, der etwa die Lage des jetzigen oberen Bong-tschu hatte, aber damals nach Osten, südlich von Kampa Dshong weiter floß und sich wahrscheinlich durch den jetzigen Niang chu bei Shigatse in den Tsangpo ergoß.

Der Arun durchschneidet das Gebirge in zwei Schluchten, von denen die untere zwischen Kharta und Kyimateng gelegen ist. Hier fällt der Fluß auf einer Strecke von 30 km um mehr als 900 m, und die Steilwände an den Seiten erreichen 1500 m Höhe. Voraussichtlich dürfte der Arun in späteren Zeiten durch rückschreitende Erosion den Tsangpo anzapfen und nach Süden ableiten, in ähnlicher Weise, wie weiter strom-

abwärts der früher nach Osten abfließende Tsangpo heute vom Brahmaputra angezapft und durch Assam in den Golf von Bengalen gelenkt wird.

Die Gletscher hatten früher eine viel größere Ausdehnung. An einigen Stellen finden sich jedoch Anzeichen für ein neuerliches Vorrücken der Vereisung.

Geologisch zerfällt das Gebiet in zwei Teile, die nördlichen sedimentären Schichten in Tibet und die südliche kristalline Himalayazone, ein Gegensatz, der sich auch in den sanfteren Formen des Nordens und den höheren, steileren und schrofferen des Himalaya kundgibt. Die tibetische Zone besteht hauptsächlich aus sehr mächtigen, intensiv gefalteten, fossilarmen jurassischen Schiefern von ostwestlicher Streichrichtung. In Synklinalen eingefaltet liegen kretazeische und eoäne Kalksteine, die durch Schub von Norden her überkippt sind. Längs der Südgrenze der Zone lagern unter den jurassischen Schiefern Kalksteine, die wahrscheinlich dem Perm oder der Trias angehören; zerstörte Fossilien enthalten und z. T. in kristallinen Kalk umgewandelt sind. Der obere, westöstlich gerichtete Lauf des Bongtschu liegt in kretazeischen Synklinalen.

Die südliche kristalline Himalayazone besteht hauptsächlich aus Gneis. Am Mount Everest selbst fand man in Höhen zwischen 7000 und 8200 m metamorphosierte Sedimentärgesteine, Schiefer, Kalk und Hornfels. Zwischen 6400 und 8230 m besteht der Berg aus diesen schwarzen und dunkelgrünen Gesteinen mit gelegentlichen Einlagerungen von weißem Kalkstein und Adern von Quarz und Muskovitgranit. Von 8230 bis 8245 m folgt eine fast horizontale Zone von Turmalin-Muskovit-Granit längs der ganzen Ausdehnung des Berges. Der großen Härte dieses Gesteins ist die vorspringende Bergschulter am Nordostabhang zuzuschreiben. Darüber stehen schwarze Schiefer an. Diese Gesteine gehören wahrscheinlich dem Jura oder der Trias an. Ammoniten wurden in 7940 m gesehen.

Die meteorologischen Beobachtungen bringen uns die ersten Beiträge zur Kenntnis des Klimas dieser Gegend. Im Jahre 1921 erfolgte das Einsetzen des Monsuns am 7. Juli und verwandelte die bis dahin schöne Witterung in Regen- und Schneewetter. Deshalb wurde im folgenden Jahre die Expedition auf eine frühere Jahreszeit verlegt. Durch die Arunschlucht drangen von Süden her dichte Monsunwolken heraus, die sich aber in dem breiteren Teil des Tales sofort auflösten, so daß bei Kharta das trockene tibetische Hochlandklima herrscht, aus dem man jedoch im Laufe einer Viertelstunde Weges in das feuchte Klima von nepalesischem Charakter mit üppiger Vegetation gelangen kann. 30 km weiter nördlich aber ist das Klima wieder feucht und regnerisch, so daß Kharta in einer Art Trocken-oase zu liegen scheint.

Daß die Luftelektrizität in den Hochgebieten

eine große Rolle spielen dürfte, läßt sich daraus schließen, daß die für kinematographische Zwecke benutzten Filmstreifen in der trockenen Luft beim Streichen mit der Hand elektrische Funken sprühten, so daß die Hände beim Operieren mit dem Film stets befeuchtet werden mußten⁴⁾.

Was schließlich den Namen des Berges anbetrifft, so ist mehrfach der Vorschlag gemacht worden, den englischen Namen durch den tibetischen zu ersetzen. Oberst *George Everest* leitete seinerzeit als Surveyor General of India die große indische Gradmessung in die Wege, die sich über einen Meridianbogen von mehr als 2400 km Länge, von Kap Comorin, der Südspitze Vorderindiens, bis nach Banog am Fuße des Himalaya erstreckte. Diesem hervorragenden Geodäten zu Ehren hatte man den höchsten, 1855 von ihm vermessenen Gipfel des Arbeitsgebietes der Survey of India nach ihm benannt. Die an der Südseite des Himalaya wohnenden Eingeborenen nennen den Berg *Ohho-mo-lung-mo* (Sitz der Gottheit), während er im Norden als *Ohha-ma-lung-mo* bekannt ist. Dieser zweite Name kann gedeutet werden als „Platz des weiblichen Adlers“, aber auch „Platz, der so hoch ist, daß selbst ein Vogel dort erblindet“. In dem Dokument, durch welches der in Lhasa residierende Dalai Lama der Expedition die Erlaubnis zur Bereisung des Gebietes erteilte, ist der Berg als *Ohha-ma-lung-mo* bezeichnet.

Über Acidose und Alkalose.

Von Otto Porges, Wien.

Bis gegen Ausgang des 19. Jahrhunderts galt das Blut als alkalische Flüssigkeit, da es auf Lakmus alkalisch reagiert. Den Blutalkalien, welche diese lakmusalkalische Reaktion bedingen, schrieb man eine wichtige Funktion zu: Sie sind das Vehikel für die Kohlensäure, die durch die kontinuierlichen Verbrennungsprozesse in den Geweben gebildet, von dem Blute in die Lungen transportiert und daselbst an die Atemluft abgegeben wird. Eine Verminderung der Blutalkalien mußte, wie man sich vorstellte, eine Störung der geschilderten Funktion zur Folge haben: Die in den Geweben entstehende Kohlensäure würde vom Blut nicht genügend abtransportiert werden, und die Folge wäre dann eine Schädigung der Organe durch Kohlensäureanhäufung, eine Kohlensäurevergiftung. Eine solche Verminderung der Blutalkalien wurde als Begleiterscheinung der verschiedenartigsten

Krankheitszustände vermutet. Schon zur Zeit der Humoralpathologie, die alle Krankheiten auf verdorbene Körpersäfte zurückführte, spielte die „Säuredyskrasie“ des Blutes eine Rolle. Die wissenschaftliche Medizin begann die Erforschung dieses Gebietes mit dem Studium der Säurevergiftung, das wir besonders den Arbeiten von *Walter, H. Meyer* u. a. im Schmiedebergischen Laboratorium in Straßburg verdanken. Diese Untersuchungen zeigten, daß durch Zufuhr von Säure bei Versuchstieren ein eigenartiges Vergiftungsbild hervorgerufen wird, welches neben andern Symptomen die Erscheinung einer beschleunigten und vertieften Atmung bietet. Die Untersuchung des Blutes derartig vergifteter Tiere ergab eine hochgradige Verminderung seines Kohlensäuregehaltes, womit die oben angeführten Voraussetzungen bewiesen schienen, das Blut hatte seine Aufnahmefähigkeit für Kohlensäure in hohem Maße eingebüßt. Diese Zeichen einer Säureintoxikation ließen sich in der Folge auch bei verschiedenartigen krankhaften Zuständen nachweisen. So fand *H. Meyer* bei der Phosphorvergiftung einen verringerten Kohlensäuregehalt des Blutes und konnte zeigen, daß die Blutalkalien durch Milchsäure, eine Substanz des intermediären Stoffwechsels, beschlagnahmt waren. Die Atemsymptome der Säurevergiftung ließen daran denken, daß eine analoge Erscheinung bei den schweren Formen der Zuckerkrankheit durch eine Säureintoxikation hervorgerufen wäre. In der Tat entdeckten auch bald darauf *Jaksch, Stadelmann, Minkowski* im Harn solcher Zuckerkranker große Mengen von abnormen Säuren, die Acetessigsäure und die Betaoxybuttersäure, welche das Zustandekommen des eigentümlichen, an Säurevergiftung erinnernden Symptombildes des sogenannten diabetischen Komas verständlich machten. *Naunyn*, in dessen Klinik die meisten dieser Untersuchungen ausgeführt worden sind, nannte diesen Zustand, bei dem es durch Gegenwart abnormer Säuren zur Bindung der Blutalkalien und, wie *Minkowski* sowie *Kraus* zeigen konnten, zur Verminderung der Blutkohlensäure kommt, *Acidose*, d. h. Säuerung des Blutes. Eine solche Acidose ließ sich auch bei anderen Krankheitszuständen nachweisen, wenn auch nicht in so hohem Grade wie bei der Zuckerkrankheit, so beim Fieber, bei der Urämie (d. h. Harnvergiftung infolge unzureichender Nierenfunktion), bei Anämien und noch bei einigen anderen Krankheiten (*Minkowski, Kraus, Jaksch* u. a.).

⁴⁾ Über den Expeditionsfilm berichtet *Nature* (Vol. 110, Nr. 2770, 2. Dezember 1922, S. 743), daß der von Capt. *J. B. L. Noel* unter großen Schwierigkeiten z. T. in Höhen von 6653 und 6858 m mit Teleobjektiven aufgenommene Film zum ersten Male am 21. November 1922 in einer gemeinsamen Sitzung der Royal Geographical Society und des Alpine Club vorgeführt wurde. Die Veranschaulichung der Luftströmungen in der Gipfelregion, die an Wolkenbewegung und Schneetreiben erkennbar sind, bieten hohes wissenschaftliches Interesse.

Den Untersuchungen des Schmiedebergischen Laboratoriums verdanken wir auch den Aufschluß über die Hilfsmittel, die dem Organismus zur Abwehr und zur Beseitigung einer Säurevergiftung zur Verfügung stehen. Zunächst dient, wie man schon seit langem weiß, die *Nierensekretion* diesem Zwecke, indem der Säureüberschuß mit dem Harn ausgeschieden wird. Daher ist auch beim Fleischfresser, der in seinem Stoffwechsel mehr saure als alkalische Substanzen

produziert, der Harn von saurer Reaktion, und auch der menschliche Harn reagiert bei Zufuhr genügender Mengen von Eiweißnahrung sauer. Ein zweites Hilfsmittel, Säuren unschädlich zu machen, ist die Fähigkeit der *Leber*, nach Bedarf das alkalisch reagierende Ammoniak, welches sonst zur Harnstoffbildung dient, zur Verfügung zu stellen. Daher enthält auch der Harn bei Säurevergiftung vermehrte Mengen von Ammoniak zur Neutralisation der Säuren, und bei krankhaften Zuständen ist das Bestehen einer Acidose aus der Ammoniakvermehrung des Harns zu erkennen (Walter, Meyer, Minkowski, Münzer u. a.). Eine dritte Schutzvorrichtung des Organismus gegen Säurevergiftung ist das durch die Gegenwart von Natrium bicarbonicum, Eiweißkörpern und anderen Substanzen gegebene Vermögen des Blutes, Säuren abzuschwächen und damit der Störung der Neutralität entgegenzuwirken, die sogenannte *Pufferwirkung des Blutes*. Alle diese Vorrichtungen können in entgegengesetzter Weise auch einen Überschuß von Alkalien unschädlich machen.

Der Begriff „Acidose“ bezeichnete ursprünglich eine Verminderung der Blutalkaleszenz, wurde aber auch gelegentlich in dem Sinne aufgefaßt, daß er eine saure Reaktion des Blutes beinhalte. Die Fortschritte der physikalischen Chemie, welche gezeigt hatten, daß die Acidität oder Alkalinität einer Lösung in deren Gehalt an Wasserstoff- bzw. Hydroxylionen besteht, ermöglichten es, die wahre Reaktion des Blutes zunächst unter physiologischen Bedingungen festzustellen und die so ermittelten Werte mit der Reaktion bei pathologischen Zuständen zu vergleichen. Es stellte sich nun heraus, daß das Blut eine neutrale (Höber u. a.) und nicht, wie man geglaubt hatte, alkalische Flüssigkeit ist, und daß unter pathologischen Verhältnissen, auch bei „acidotischen“ Zuständen, kaum eine Abweichung von der Norm gefunden wird. Damit schien ein Widerspruch zu den früheren Untersuchungsergebnissen, die bei der Acidose eine Abnahme der Blutalkaleszenz ergeben hatten, zu bestehen. Dieser scheinbare Widerspruch fand eine Lösung durch die Theorien der Atemregulation, welche gleichzeitig die Regulation der Blutalkaleszenz und ihren Zusammenhang mit der Atmung erklärten.

Es war bekannt, daß die Atmung von einem im verlängerten Mark liegenden Zentrum, dem sogen. Atemzentrum, beherrscht wird, dergestalt, daß die Intensität der Atmung durch die Einwirkung des das Atemzentrum durchströmenden Blutes reguliert wird. Die Bestandteile des Blutes, welche diese Regulation bewirken, sind die Blutgase, die Kohlensäure und der Sauerstoff, deren Niveau wieder durch die Atmung geregelt ist. Es ist dies die „Selbststeuerung der Atmung“, wie dieser so sinnreiche Apparat genannt wird. Kohlensäureanhäufung bzw. Sauerstoffmangel im Blut reizen das Atem-

zentrum zu vermehrter Tätigkeit, die durch Mehratmung die Konzentration der Blutgase immer wieder auf die Norm bringt. Da normalerweise Sauerstoff in der Lunge im Überschuß vorhanden ist und auch bei kurz-dauerndem Atemstillstand noch zur Sättigung des Blutes ausreicht, ist es die Kohlensäurespannung des Blutes, welche die Atmung reguliert, und die Kohlensäurespannung des Blutes wird wiederum, wie der englische Physiologe Haldane zeigen konnte, durch die Atmung konstant erhalten. Porges, Leindörfer und Markovici, die die Haldaneschen Befunde bei krankhaften Zuständen prüften, fanden jedoch, daß die Haldanesche These von der Konstanterhaltung der Kohlensäurespannung vielfach nicht zutrifft. So zeigten namentlich gewisse Fälle von Zuckerkrankheit eine Kohlensäurespannung, die weit unter der Norm lag, so daß für diese Fälle die Gegenwart eines besonderen Agens im Blute angenommen werden mußte, welches die Atmung anregt, denn die Kohlensäurespannung war unter dem Niveau, welches normalerweise die Atmung in Betrieb setzt. Die weitere Verfolgung dieses Befundes ergab nun, daß nur Zuckerkrankte, welche die oben erwähnten abnormen Säuren ausscheiden, eine herabgesetzte Kohlensäurespannung zeigen, daß somit diese Säuren das besondere Agens sein müssen, welches auf das Atemzentrum wirkt. Die Neutralisation dieser Säuren durch Zufuhr von Natrium bicarbonicum führte bald die Kohlensäurespannung auf das normale Niveau zurück.

Diese Befunde führten zu der Theorie, daß es die *Säurenatur* ist, welche diesen Substanzen die Wirkung auf die Atmung verleiht, daß das Atemzentrum säureempfindlich ist, daß auch die Atemwirkung der Kohlensäure ihrer sauren Reaktion zugeschrieben werden muß. Es wäre also nicht die Kohlensäure als solche, sondern die *Blutacidität* das atemregulierende Agens. Diese Theorie wurde zu gleicher Zeit auch von Winterstein aufgestellt. Winterstein knüpfte an frühere Untersuchungen von Walter sowie von Lehmann an, die gezeigt hätten, daß bei Versuchstieren Zufuhr von Säuren die Atmung steigert. Diese Erscheinung war dahin gedeutet worden, daß die Säure Kohlensäure aus ihren Verbindungen austreibt, somit durch die freigemachte Kohlensäure atemreizend wirkt. Winterstein konnte nun beweisen, daß bei experimenteller künstlicher Durchströmung von neugeborenen Meerschweinchen mit karbonatfreier Ringerlösung (eine Salzlösung, welche die Zusammensetzung der Salze des Blutserums hat) durch Säurezusatz Atembewegungen ausgelöst werden, die nach Neutralisation der Säure aufhören. In diesem Falle konnte keine Kohlensäure freigemacht worden sein, da die Flüssigkeit keine kohlensäuren Salze enthielt, es konnte nur die Säure als solche atemreizend gewirkt haben, woraus Winterstein die Theorie ableitete: Die Atmung wird durch die Wasser-

stoffionenkonzentration des Blutes reguliert. Auf einem anderen Wege gelangte also *Winterstein* zu denselben Schlußfolgerungen wie *Porges*. Diese Theorie läßt aber eine wichtige Umkehrung zu: *Porges* folgerte aus ihr, daß die Atmung wiederum die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes reguliert. Damit wird es verständlich, daß die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes bei acidotischen Zuständen normal gefunden wird. Die bei acidotischen Zuständen vorhandenen abnormen Säuren bewirken eine Steigerung der Atmung, damit eine Mehrausscheidung von Kohlensäure, deren Niveau im Blute entsprechend niedrig gehalten wird, womit der Zuwachs an anderen Säuren im Blute kompensiert ist und die Wasserstoffionenkonzentration sich kaum über die Norm erhebt. Demgemäß ist z. B. bei der diabetischen Acidose die Lungenventilation gesteigert, die Kohlensäurespannung herabgesetzt, die wahre Blutacidität zeigt normale Werte.

Diese Theorie wurde vom dänischen Physiologen *Hasselbalch* geprüft und in jeder Weise bestätigt. *Hasselbalch* bezeichnet einen acidotischen Zustand, bei dem die Vermehrung der fixen sauren Valenzen durch eine Mehrausscheidung von Kohlensäure ausgeglichen ist, als „kompensierte Acidose“ zum Unterschied von der „dekompensierten Acidose“, bei der tatsächlich eine erhöhte Acidität, eine wahrnehmbare Steigerung der H-Ionen-Konzentration besteht. Mit diesen Untersuchungen waren für die Lehre von der Blutacidität neue Gesichtspunkte gewonnen und gezeigt, daß die Atmung eine wichtige Rolle für die Erhaltung der neutralen Reaktion des Blutes spielt.

Einer Erörterung bedarf noch die oben angeführte Wirkung des Sauerstoffmangels auf die Atmung. Es war schon lange bekannt, daß Sauerstoffmangel in der Einatemluft die Atmung steigert. Um nun diese atemsteigernde Wirkung des Sauerstoffmangels durch die Säuretheorie zu erklären, konnte man annehmen, daß derselbe infolge unvollständiger Verbrennung zur Anhäufung von sauren Substanzen des intermediären Stoffwechsels (Milchsäure) Anlaß gibt, welche erst die eigentliche Ursache der Atemsteigerung bilden würden. Diese Annahme schien einleuchtend, da solche Substanzen bei Behinderung der Verbrennungsvorgänge im Organismus nachgewiesen worden sind. Diese Hypothese mußte jedoch fallengelassen werden, als *Winterstein* zeigen konnte, daß bei Sauerstoffmangel keine Steigerung, sondern eine Herabsetzung der Blutacidität, eine richtige Alkalose besteht. *Winterstein* nahm daher an, daß solche saure Produkte unvollständiger Verbrennung speziell im Zentralnervensystem bei O-Mangel entstehen und zu einer lokalen Acidose des Atemzentrums Anlaß geben, welches darauf mit gesteigerter Lungenventilation antwortet und damit die

Kohlensäurespannung des Blutes und die H-Ionen-Konzentration des Blutes herabsetzt.

Im Lichte dieser Befunde gewinnen die oben angeführten Versuchsergebnisse von *Walter*, *H. Meyer*, *Kraus*, *Minkowski* u. a., welche einen herabgesetzten Kohlensäuregehalt des Blutes bei acidotischen Zuständen nachgewiesen hatten, eine andere Deutung. Während dieser Befund bisher dahin gedeutet worden war, daß das Blut durch die Säuren weniger aufnahmefähig für Kohlensäure wird, und daher eine Kohlensäurestauung in den Geweben vermutet wurde, zeigt diese neue Theorie, daß der verminderte Kohlensäuregehalt des Blutes z. T. auf die Verminderung des Natrium bicarbonicum, also der gebundenen Kohlensäure, z. T. auf die durch die vermehrte Atmung bewirkte Herabsetzung der Kohlensäurespannung zurückzuführen ist. Da die Kohlensäurespannung der Gewebe mit der des Blutes im Gleichgewichte steht, so müssen auch die Gewebe eine herabgesetzte Kohlensäurespannung haben. Damit wäre gezeigt, daß bei den acidotischen Zuständen der Transport der Kohlensäure nicht leidet, daß es in den Geweben nicht zu einer Kohlensäurestauung, sondern zu einer Kohlensäureverminderung kommt.

Welche Bedeutung hat nun eine solche Acidose für physiologische und pathologische Zustände? *Porges*, *Leimdörfer* und *Markovici* konnten im Gegensatz zu *Haldane* zeigen, daß schon beim gesunden Menschen kein konstantes Niveau der Kohlensäurespannung besteht. So kommt es schon beim gesunden Menschen während der Magenverdauung zu einer Steigerung der Kohlensäurespannung des Blutes, die durch eine Vermehrung der Blutalkalien hervorgerufen ist, welche letztere wiederum durch die Sekretion des salzsauren Magensaftes zustande kommt. Bei der Salzsäureabscheidung in den Magen wird das NaCl des Blutes in Salzsäure und Natronlauge zerlegt, die Salzsäure mit dem Magensaft ausgestoßen, während die Lauge schon im Stadium der Entstehung sich mit der Blutkohlensäure zu Natrium bicarbonicum verbindet, womit eine Steigerung der Blutalkaleszenz gegeben ist, die durch Verminderung der Atmung zum Ausgleich wieder Kohlensäure im Blute zurückhält. Abgesehen von der Zuckerkrankheit, die schon oben angeführt ist, fand *Porges* in Gemeinschaft mit *Leimdörfer*, *Novak*, *Kauders* und *Essen* eine herabgesetzte Kohlensäurespannung bei Nierenentzündungen, während der Schwangerschaft, bei vielen Krebskranken, bei der Knochenerweichung, bei der Dyspnoe des Herzkranken, bei Zuständen, die mit Ödemen einhergehen; eine Erhöhung der Kohlensäurespannung beim Lungenemphysem und bei Magenkrankungen, die von häufigem Erbrechen salzsauren Mageninhaltes begleitet sind. Das Zustandekommen dieser Veränderungen konnten für viele Fälle *Essen*, *Kauders* und *Porges* aufklären. Sie konnten zeigen, daß die niedrige Kohlensäurespannung und damit der

niedrige Alkalibestand des Blutes vielfach mit einem vermehrten Kochsalzgehalt desselben einhergeht. Dieser vermehrte Kochsalzgehalt ist die ursprüngliche Störung und beruht auf unzulänglicher Kochsalzausscheidung durch die Niere, welche unter allen Umständen den osmotischen Druck des Blutes konstant zu erhalten trachtet und zum Ausgleich desselben Wasser zurückhält und damit die Konzentration der Blutalkalien herabsetzt. Die Verminderung des Blutalkalis wird wiederum durch Steigerung der Lungenventilation, durch Herabsetzung der Kohlensäurespannung kompensiert. Damit mag die herabgesetzte Kohlensäurespannung bei Nierenentzündungen, bei denen übrigens auch unzulängliche Ausscheidung von Säuren durch die Nieren in Betracht kommen kann, bei gewissen ödematösen Zuständen, bei der Schwangerschaft, bei der Krebskrankheit ihre Erklärung finden. Bei allen diesen Zuständen ist die Kochsalzausscheidung durch die Niere gestört, und die Ödeme, die man bei diesen Zuständen findet, bedeuten Wasserretention, welche von der Kochsalzretention verursacht wird. Die erhöhte Kohlensäurespannung beim Emphysem läßt sich durch die mechanische Unmöglichkeit, das Blut genügend in normaler Weise von der Kohlensäure zu entlüften, erklären. Die Steigerung der Kohlensäurespannung bei Magenkrankungen mit gehäuften Erbrechen von Salzsäure hängt mit der oben angeführten Beziehung zwischen Kohlensäurespannung und Säureabscheidung in den Magen zusammen.

Interessant sind auch die Beziehungen, die sich in der Funktion der einzelnen Vorrichtungen zur Erhaltung der neutralen Reaktion des Blutes ergeben. Es ist zu erwarten, daß, wenn der eine dieser Apparate außer Funktion gesetzt ist, die anderen für ihn eintreten. Zum Teil ist dies schon durch die eben angeführten Vorgänge bei der Störung der Nierenfunktion bzw. der Atmung (Emphysem) bewiesen. Wird das Gleichgewicht der Säuren und Basen im Blute dadurch beeinträchtigt, daß die Atmung willkürlich über den Bedarf hinaus gesteigert ist, wodurch die Kohlensäurespannung des Blutes abnimmt, so wird einer Alkaleszenzsteigerung durch Mehrausscheidung von Alkalien mit dem Harn vorgebeugt, wie die Amerikaner *Collip* und *Backus* sowie *Grant* und *Goldman* zeigen konnten. Ein ähnlicher Mechanismus besteht bezüglich der Kompensation der Ventilationssteigerung bei Sauerstoffmangel in der Einatemungsluft, deren Wirkungsweise schon weiter oben besprochen worden ist (*Haldane*, *Kellas* und *Kennaway*, *Haggard* und *Henderson*). Die drohende Alkalose wird hier durch Mehrausscheidung von Blutalkalien mit dem Harn, somit durch Herabsetzung der Blutalkalien ausgeglichen, die dann, auch wenn der O-Mangel durch die Steigerung der Atmung bereits behoben ist, eine Verringerung der Lungenventilation hintanhält. — Dies ist auch der Vorgang, der die Akklimatisierung beim

Aufenthalt in Höhenluft bewirkt. Zunächst besteht nach unvermitteltem Aufstieg in die Höhenzone infolge der Luftverdünnung O-Mangel, da die Sauerstoffkonzentration in den Lungenalveolen unterhalb des Wertes liegt, der zur Sättigung des Blutes mit Sauerstoff hinreichen würde. Die Folge dieses O-Mangels ist ein krankhafter Zustand, die sogen. *Bergkrankheit*. Dieser Sauerstoffmangel löst eine Steigerung der Atmung aus, die Kohlensäurespannung des Blutes sinkt, die einsetzende Alkalose veranlaßt eine Mehrausscheidung von Alkalien. Der auf diese Art herabgesetzte Alkalibestand des Blutes verhindert, daß die Atmung sich wieder verringert, auch wenn der Sauerstoffmangel infolge der Atemvertiefung durch die Erhöhung der O-Konzentration in den Lungenalveolen bereits behoben ist. Damit ist die Bergkrankheit geheilt, die Anpassung vollzogen.

Es wäre noch manches Interessante über die Einwirkung der Acidose bzw. Alkalose auf die verschiedenartigen Organfunktionen zu sagen. Dieses Forschungsgebiet ist bisher noch ungenügend aufgeheilt, es gibt hier noch zahlreiche strittige Fragen, so daß die Darstellung einstweilen noch zurückgestellt werden muß. Wir glauben jedoch gezeigt zu haben, daß die Begründung des Regulationsmechanismus der Blutreaktion bereits zahlreiche Tatsachen der Physiologie und Pathologie dem Verständnis nähergebracht hat.

Erzeugung und Nutzbarmachung von Kälte¹⁾.

Am 16. Oktober fand in London eine gemeinsame Sitzung der Faraday-Society und der British Cold Storage and Ice-Association statt, auf der im Beisein auswärtiger Gäste das Thema „Erzeugung und Nutzbarmachung von Kälte“ behandelt wurde.

In seiner Eröffnungsansprache wies Prof. *Porter* auf die theoretisch bereits bekannte Tatsache hin, daß der differentiale Joule-Thomson-Effekt eines Gases bei gegebenem Druck entweder keinen oder zwei Inversionspunkte besitzt, von denen indessen nur derjenige bei der höheren Temperatur als experimentell aufgefunden gilt. (Der andere gehört dem flüssigen Zustand an. Der Ref.) Wir erfahren, daß *J. F. Jenkin* und *Pyo* bereits 1913 für Kohlensäure auch den zweiten Inversionspunkt, der bei -25°C liegt, falls der Druck etwa dem halben kritischen gleich ist, beobachtet haben. Unterhalb -25° tritt also bei diesem Druck wieder eine Erwärmung der Kohlensäure ein, wenn sie um ein differentiales Druckintervall adiabatisch entspannt wird.

Als Vertreter von Prof. *Kamerlingh Onnes* berichtete Dr. *Crommelin* über die neuesten Versuche, das Helium in den festen Aggregatzustand überzuführen,

¹⁾ Der Inhalt dieser Mitteilung ist im wesentlichen der englischen Zeitschrift *Engineering* vom 20. Oktober 1922, Bd. 114, S. 498–500 und 506–510, entnommen; von dem Bericht über die Messungen an flüssigem Helium lag ein ausführlicherer Sonderdruck vor.

die ebenso wie alle früheren Bemühungen gescheitert sind, obwohl es durch eine Batterie von 12 Langmuirpumpen gelang, den Dampfdruck des flüssigen Heliums auf 0,013 mm Hg herabzusetzen und eine Temperatur von $0,9^{\circ}$ abs. zu erreichen. Dies Ergebnis konnte nur durch ganz außerordentliche Anstrengungen erzielt werden. Für den Heliumkreislauf standen 36 cbm Gas (gemessen bei Zimmertemperatur und Atmosphärendruck) zur Verfügung. Etwa 24 Liter flüssigen Wasserstoffs, zu deren Herstellung wieder 50 Liter flüssiger Luft erforderlich waren, wurden benötigt, um $\frac{1}{2}$ Liter flüssigen Heliums herzustellen und während einiger Stunden siedend zu erhalten. Dieses Heliumbad umschloß ein kleines Vakuumglas von wenigen Kubikzentimetern Rauminhalt, das, ebenfalls mit flüssigem Helium beschickt, allein dem sehr geringen Druck unterworfen wurde. Von allen Seiten mußte es durch Metallschirme von der Temperatur des flüssigen Heliums, die man nur während der Beobachtung aus der Visierichtung entfernte, vor Einstrahlung von Wärme geschützt werden. Das Saugerohr mußte möglichst weit sein und möglichst kalt gehalten werden, um den Druckverlust durch Reibung, der durch die Dampfgeschwindigkeit und die Dampfdichte im Saugerohr bedingt wird, gering zu machen. Der Druck an der Oberfläche des Heliums wurde mittels eines Hitzdrahtmanometers beobachtet, das sich in dem großen Heliumbad befand. Um überhaupt mit diesem Instrument messen zu können, mußte sein Heizstrom so hoch gewählt werden, daß der Platindraht bereits in das Temperaturgebiet einer merklichen Veränderlichkeit des Widerstandes gelangte. Die Temperatur des Heliums war nicht mehr mit einer gasthermometrischen Anordnung zu ermitteln, sondern ließ sich nur aus dem Dampfdruck unter linearer Extrapolation der logarithmischen Dampfdruckformel ableiten. Das bereits früher aufgeführte Dichtemaximum des flüssigen Heliums konnte bestätigt werden. Von diesem Zustand ab wird die Dichte bis zu den tiefsten Temperaturen ständig geringer. Eine Besonderheit, die noch nicht aufgeklärt wurde, verdient der Erwähnung: Wird ein Gefäß mit flüssigem Helium von einem zweiten Gefäß mit flüssigem Helium derart umgeben, daß die Dämpfe miteinander kommunizieren können, so gleichen sich Höhendifferenzen in den Flüssigkeitsspiegeln durch entsprechende Verdampfung rasch aus.

Dr. Crommelin beschrieb des weiteren die in Leiden üblichen Methoden zur Herstellung von Kältebädern konstanter Temperatur. Man bedient sich hierfür siedender Flüssigkeiten, deren Dämpfe unter reduziertem Druck stehen. Folgende Tabelle enthält einige wichtige Daten über diese Flüssigkeiten.

Prof. C. Frewen Jenkin aus Oxford gab eine Darstellung seiner Untersuchungen über die thermischen Eigenschaften des Äthylchlorides, das bei industriellen Kühlanlagen neuerdings in England Verwendung findet. Der Bericht enthält folgende Zahlenangaben über diesen Stoff: normaler Siedepunkt $+12,5^{\circ}$ C, Verdampfungswärme bei 0° 93,7 cal, Dichte der Flüssigkeit zwischen -30° und $+30^{\circ}$ etwa 1, spezifisches Volumen des gesättigten Dampfes bei -20° 297 ccm, bei $+20^{\circ}$ 1305 ccm. Der Sättigungsdruck beträgt bei

-30°	-10°	0°	$+12,5^{\circ}$	$+20^{\circ}$
105	295	450	769	20500 mm Hg

Ein ausführlicher, durch mehrere Abbildungen erläuteter Bericht von Ezer Griffiths über die Trägheit von Thermometern zur Messung tiefer Temperatur enthält keine Tatsachen von physikalischem Interesse. Derselbe Autor trug über Isoliermaterial, das besonders zur Kältespeicherung auf Schiffen geeignet ist, vor und stellte die Forderung auf, daß ein gutes Material vor allem für Feuchtigkeit undurchlässig sein müsse. Als besonders geeignet erweisen sich durch Pressen auseinandergezogene und fest zusammengeschüttete Gummistücke (expanded rubber clippings, packed). Dies Material wiegt nur 3—4 englische Pfund pro Kubikfuß und isoliert bei nur dem halben Gewicht ebensogut wie Korkpulver. Als geeignet werden weiter empfohlen Balsaholz aus Ecuador, die Fasern des australischen Kingiabaumes, komprimierter Torf usw.

Georges Claude in Paris sandte der Versammlung eine Mitteilung über die Herstellung von Wasserstoff durch teilweise Verflüssigung von Wassergas und Koks-Ofengas. Es wird darin folgendes ausgeführt: Das von Kohlensäure und Wasserdampf befreite Wassergas, das wesentlich aus Wasserstoff und Kohlenoxyd besteht, wird nach Kompression auf 15—30 at durch Leistung äußerer Arbeit unter Ausnutzung des Gegenstromprinzips gekühlt, bis das Kohlenoxyd sich verflüssigt und der Rest dieses Gases (bis auf etwa 1 %) in einem Rektifikationsprozeß ausgeschieden wird. Das verflüssigte Kohlenoxyd spielt bei der Vorkühlung und ersten Fraktionierung des komprimierten Gasgemisches eine wesentliche Rolle. Der Kolben der Expansionsmaschine, dessen Temperatur auf -206° oder tiefer sinkt, wird mit flüssigem Stickstoff geschmiert, den man dem Wasserstoffgas unmittelbar vor Eintritt in die Maschine zuführt. Die Verunreinigung des Gases mit Stickstoff ist von untergeordneter Bedeutung, wenn der Wasserstoff zur Synthese von Ammoniak verwendet werden soll. — Der beschriebene Prozeß eignet sich auch für Koks-Ofengas sehr gut, obwohl dieses einen viel zusammengesetzteren Charakter hat.

Substanz	Siedetemperatur ° C	Tripelpunkt		Kritischer Punkt	
		Temperatur ° C	Druck cm Hg	Temperatur ° C	Druck Atm.
Methylchlorid	-24,1	-103,6	—	+143,0	65,98
Stickoxydul	-89,8	-102,4	—	+36,5	71,65
Äthylen	-103,72	-169,0	—	+9,5	50,65
Methan	-161,37	-183,15	7,0	-82,85	45,60
Sauerstoff	-182,95	-218,4	ca. 0,2	-118,82	49,713
Stickstoff	-195,78	-209,86	9,64	-147,13	33,490
Neon	-245,92	-248,67	32,35	-228,91	26,86
Wasserstoff	-252,76	-259,14	5,07	-239,91	12,80
Helium	-268,83	< -272	< 0,002	-267,84	2,26

Bei einem Druck von 25 at gelingt es leicht, Benzol und Äther aus dem Gase abzuscheiden.

Schließlich trug der Leiter der englischen Sauerstoffgesellschaft (British Oxygen Company) *K. S. Murray* über die Methoden zur Gewinnung von Sauerstoff und Stickstoff durch Rektifikation der verflüssigten Luft nach dem von *Linde* angegebenen Verfahren vor. Er beschrieb die in seinen Fabriken in Gebrauch befindlichen wohlbekannten Einrichtungen der Lindengesellschaft und von *Claude*. Von Interesse ist die Mitteilung, daß die Fabriken der englischen Sauerstoffgesellschaft imstande sind, täglich zwei Millionen Kubikfuß Sauerstoff herzustellen, daß sie aber zurzeit kaum zur Hälfte beansprucht sind. Sie geben nach starker Vergrößerung der Fabriken während des Krieges den Bombensauerstoff jetzt billiger ab als 1914, nämlich bei kleinen Mengen 1000 Kubikfuß für 38 Schilling. In England werden von dem in Bomben gelieferten Sauerstoff etwa 1 % für medizinische Zwecke, etwa 3 % für Kalklicht und experimentelle Zwecke und der Rest von der Industrie zum Metallschneiden und Schweißen verbraucht. England und Frankreich stellen pro Jahr je etwa 300 Millionen Kubikfuß Sauerstoff her, Deutschland doppelt so viel und die Vereinigten Staaten etwa dreimal so viel.

Henning.

Besprechungen.

Michaelis, Leonor, Die Wasserstoffionenkonzentration.

Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Teil I. Die theoretischen Grundlagen. Berlin, Julius Springer, 1922. X, 262 S. und 32 Abbildungen. G. Z. geh. S.3, geh. 11.

Michaelis, Die Wasserstoffionenkonzentration, in der I. Auflage vom Jahre 1914, ein damals einbändiges Werk von 210 Seiten, nahm sofort einen hervorragenden Rang unter den Werken der physikalisch-chemischen Biologie ein und wurde für viele der Erwecker des Verständnisses für die vorher ungeahnte Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration innerhalb des biologischen Geschehens. Der Autor bezeichnet selbst die II. Auflage als ein ganz neues Buch, welches über den Rahmen seines Titels etwas hinausgewachsen ist. Man wird ihm hierin völlig beipflichten, darüber hinaus aber konstatieren können, daß ein neuer Wurf gelungen ist, literarisch eine nicht gewöhnliche Erscheinung, da häufig erstmals gelungene Werke zwar sich verbreitern, auch sonst sich mannigfach verbessern, selten aber neue Originalität aufzuweisen vermögen. Das ist aber in dem vorliegenden Werke von *Michaelis* geschehen, in welchem zahlreiche der schwierigsten modernen Probleme der physikalischen Chemie an und für sich behandelt werden, in leuchtend klarer Weise mit allem Füstzeug der exakten Betrachtungsweise in doppelter Weise innerlich zusammengehalten, für den Physiko-Chemiker methodologisch-sachlich, für den Biologen durch die stete Verbindung mit den Geschehnissen in den belebten Organismen.

Der erste Teil beschäftigt sich mit dem chemischen Gleichgewicht der Ionen. In diesem Teile interessiert neben dem gewissermaßen klassischen Aufbau aus der Lehre vom Massenwirkungsgesetz insbesondere die namentlich von *Michaelis* selbst inaugurierte Einführung geeigneter Funktionen der Wasserstoffionenkonzentration, des Dissoziationsgrades und des Dissoziationsrestes, um die Gesetze der Dissoziation in eine praktisch brauchbare Form zu bringen. Die Disso-

ziation der amphoteren Elektrolyte und der Begriff des isoelektrischen Punktes, welche beide physiologischen von großer praktischer Bedeutung sind, erfahren eine hierdurch weit aufklärende Betrachtung. Die Nachgiebigkeit und die Pufferung von Lösungen werden im Anschluß an die wichtige Arbeit von *Koppel und Spiro* besprochen. Ganz neu sind die Darlegungen über die Dissoziation der starken Elektrolyte durch *Herauz*ziehung der Untersuchungen von *Bjerrum, Milner* und *Ghosh*, insbesondere hinsichtlich der Aktivitätstheorie gelangte *Michaelis* zur Auffassung, welche das Verhalten der starken Elektrolyte in eine für den Physiologen sehr brauchbare Form bringt. Der zweite Hauptteil des Werkes behandelt die Ionen, insbesondere die Wasserstoffionen als Quelle elektrischer Potentialdifferenz. In diesem Abschnitt offenbart sich noch mehr als im vorausgehenden der tiefegehende Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Auflage. In der ersten Auflage eine Erörterung der Potentialdifferenz lediglich mit Rücksicht auf die Messung der Wasserstoffzahl, in der zweiten Auflage gewissermaßen die Lehre von denen aus Flüssigkeitsionen entstehenden Potentialdifferenzen als ein selbstständiges Teilgebiet der physikalischen Chemie mit Anschlüssen an wichtige andere Gebiete der Physiko-Chemie. Wenn hier die Phasengrenzpotentiale, die Membranpotentiale, die Adsorptionspotentiale und die elektrokinetischen Erscheinungen genannt werden, so geschieht dies, um das oben Gesagte in kürzester Weise zu belegen. Der Physiologe wird dem Autor dankbar sein müssen für die glänzende Art und Weise, wie derselbe verschiedenste Probleme, wie etwa diejenigen der Phasengrenzketten oder des Donnan-Gleichgewichtes zu entwickeln. Ein besonders lehrreicher und origineller Abschnitt ist derjenige, welcher die Adsorption behandelt. Dieses Gebiet ist gar zu oft ein Tummelplatz für oberflächliche, oder im günstigen Falle analogienhafte, wenig exakte Anschauungen gewesen. *Michaelis* behandelt die Adsorption und was seiner Meinung nach damit zusammenhängt in der allerstrengsten Weise, unter *Herauz*ziehung der Arbeiten von *Helmholtz, Perrin* und *Coehn*. *Michaelis'* exakte Betrachtungsweise ist nicht zum mindesten deshalb von großem Werte, weil alle die von ihm behandelten Erscheinungen, wie er mit Recht hervorhebt, von höchster physiologischer Bedeutung sind. *Michaelis'* Buch, welches am Schlusse von ihm in bescheidener Weise als „ein Stückchen physikalischer Chemie“ bezeichnet wird, dürfte zweifellos zu den Büchern gehören, die bahnbrechend in der wechselseitigen Befruchtung von Physiologie und physikalischer Chemie wirken werden. *Leon Asher, Bern.*

Arrhenius, Svante, Die Chemie und das moderne Leben.

Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. B. Finkelstein. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1922. XII, 373 S. und 20 Abbildungen im Text.

Den chemischen Vorgängen steht der Laie aus leicht begreiflichen Gründen sehr viel fremder gegenüber als den physikalischen. Unter einer Anzahl von Kaufleuten, Handwerkern, Arbeitern oder Künstlern wird man nicht wenige finden, die vom Wesen der Dampfmaschine oder des Elektromotors eine einigermaßen klare Vorstellung besitzen, aber sehr wahrscheinlich keinen einzigen, dem die Herstellung der Soda oder die Vorgänge im Hochofen bekannt sind. Seitdem *Liebig* seine — noch heute lesenswerten — chemischen Briefe in die Welt geschickt hat, sind volkstümliche Schriften aus dem Gebiet der wissenschaftlichen und technischen Chemie nicht mehr allzu selten; unter ihnen

war das bekannte Buch des jüngst verstorbenen *Lassar-Cohn*, „Die Chemie im täglichen Leben“ wohl das erfolgreichste. Trotzdem hat die Anerkennung der wirtschaftlichen Bedeutung chemischer Arbeit nur langsam Fortschritte gemacht, und erst die Ereignisse der jüngsten Zeit konnten bei uns und im Auslande hierin Wandel schaffen. Nun erkannten die wirtschaftlich führenden Männer der ganzen Welt die Chemie als „die Wissenschaft, die mehr als jede andere der gegenwärtigen materiellen Kultur zugrunde liegt“; um diesen Gedanken auszubreiten, hat *Svante Arrhenius* „Die Chemie und das moderne Leben“ geschrieben.

Die beiden einleitenden Abschnitte behandeln die geschichtliche Entwicklung der Chemie; sie enthalten mancherlei bei uns nicht allgemein bekannte Dinge, z. B. die Anschauungen des schwedischen Chemikers *Hjärne* (1641—1724), die chemischen Kenntnisse der Inder und Chinesen usw. Die folgenden sechs Kapitel (3—8) sind vorwiegend der anorganischen Chemie gewidmet; sie tragen die Überschriften: Feuer, Oxydation und Reduktion — Werkzeug und Metalle — Kulturwert der Kieselsäure — Chemie der Erdrinde — Erze und fossile Brennstoffe — Chemie des Wassers und der Luft. Im 9. Kapitel werden die Energiequellen besprochen, das 10. befaßt sich mit der Elektrochemie und das 11. Kapitel schildert den Verlauf chemischer Prozesse (Gleichgewicht und Reaktionsgeschwindigkeit). Hervorragend wichtige Teile der organischen Chemie (Farbstoffe, Riechstoffe, Arzneimittel, Zellulose, Kautschuk) sind Gegenstand der beiden folgenden Abschnitte (12 und 13) und den Schluß bilden die zwei Kapitel: „Die Chemie und die Brotfrage“ und „Das Haushalten mit den Naturschätzen“.

Aus dieser originellen Auswahl und Anordnung des Stoffes sieht man bereits, daß es *Arrhenius* weniger darum zu tun war, systematische chemische Kenntnisse zu vermitteln, als vielmehr wichtige Glieder der chemischen Technologie und der angewandten Chemie zum Verständnis zu bringen und ihre wirtschaftliche Bedeutung hervortreten zu lassen. Darüber hinaus aber zeigt *Arrhenius* den Technikern und Technologen, die die Verantwortung für die Stoffwirtschaft der Erde tragen, welche Wege sie gehen müssen, wenn sie sich bei späteren Generationen vor der Anklage des Raubbaues schützen wollen.

Bezeichnend für den großen Forscher ist der hohe Standpunkt, von dem aus er alle Fragen betrachtet, sowie die Vielseitigkeit des Wissens und der Interessen, die auch an oft besprochenen Dingen neue Seiten hervortreten läßt und verborgene Beziehungen klarlegt. Man liest seine Ausführungen mit steigender Anteilnahme und wird zum Nachdenken über manche Dinge angeregt, die vom Tageslärm übertönt wurden.

Einige kleine Versehen mögen bei der nächsten Auflage getilgt werden. Die deutsche Übersetzung ist gut lesbar, doch läßt sie stellenweise das feinere Sprachgefühl vermissen. Die Ausstattung ist würdig.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Ephraim, Fritz, Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch zum Weiterstudium und zum Handgebrauch. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1922. VIII, 727 S., 53 Abbildungen und 3 Tafeln.

Die deutsche Literatur der anorganischen Chemie ist reich an guten und vortrefflichen einführenden Lehrbüchern; sie hat auch keinen Mangel an ausführlichen Handbüchern; zwischen beiden Gruppen fehlte aber bisher ein modernes Werk, das jene an Fülle des dargebotenen Stoffes übertrifft, zugleich aber den Geist

der neueren Entwicklung erkennen läßt und sich zum zusammenhängenden Studium eignet. Daß ein solches Buch nicht schon lange geschrieben wurde, mag an mancherlei Hemmungen äußerer und innerer Art — Bedarfsfrage, Form, Stoffauswahl usw. — liegen; und wenn *Fritz Ephraim* (Bern) diese Hemmungen entschlossen überwunden hat, so kann er des Dankes eines weiten Leserkreises sicher sein. Ich glaube dies besonders deswegen sagen zu dürfen, weil er eine Form gewählt hat, die schon lange der stille Wunsch manches Anorganikers war. *Ephraims* Werk ist das erste Lehrbuch der anorganischen Chemie in vergleichender Darstellung. Vergleichende Übersichten sind auch in vielen anderen Lehrbüchern vorhanden; sie nehmen aber durchweg gegenüber der Einzelbeschreibung der Elemente und ihrer Verbindungen einen untergeordneten Rang ein. Hier ist es umgekehrt: die vergleichenden Abschnitte stehen voran und treten nach Umfang und Behandlung gegen die Einzeltatsachen weit in den Vordergrund. Diese Gestaltung des Stoffes hat auch die Gliederung beeinflußt, die von der sonst üblichen stark abweicht, wie die folgenden Überschriften der Kapitel und ihrer Hauptabschnitte zeigen: 1. *Elemente* (Eigenschaften, Darstellung); 2. *Verbindungen der Halogene* (Halogenwasserstoffsäuren und ihre Salze; Halogensauerstoffverbindungen); 3. *Oxyde des Wasserstoffs und der Metalle* (Wasserstoffoxyde, Metalloxyde, Metallsäuren); 4. *Verbindungen des Schwefels, Selen und Tellurs*. (Wasserstoffverbindungen, Sauerstoffverbindungen, Halogenverbindungen); 5. *Stickstoff, Phosphor, Arsengruppe* (Wasserstoffverbindungen, Oxyde und Oxydsäuren, Schwefelverbindungen, Halogenverbindungen); 6. *Vierte Gruppe des periodischen Systems und Bor*; 7. *Die seltenen Erden*; 8. *Verbindungen der Metalle untereinander*; 9. *Die radioaktiven Elemente*. Innerhalb der einzelnen Abschnitte sind Elemente und Verbindungen nach dem periodischen System geordnet.

In dem vor kurzer Zeit in dieser Zeitschrift (10 [1922], 769) besprochenen Lehrbuch von *Trautz* ist eine ganz ähnliche Gliederung der anorganischen Chemie benutzt worden, gegen die ich aus didaktischen Gründen gewisse Bedenken hatte, da das *Trautzsche* Buch für Anfänger bestimmt ist; hier fällt aber dieser Gesichtspunkt fort, weil *Ephraim* ausdrücklich für Leser schreibt, denen die Anfangsgründe der Chemie geläufig sind. Er darf deswegen auch in der Anordnung des Stoffes eine viel größere Bewegungsfreiheit beanspruchen, und man muß zugeben, daß gerade für eine vergleichende Darstellung (siehe die erwähnte Besprechung von *Trautz*) die Gruppierung der Verbindungen nach ihren negativen Bestandteilen (im Anschluß an das periodische System) mancherlei Vorteile bietet.

Eine große Schwierigkeit für das Gelingen dieses „mittleren“ Lehrbuches lag in der Auswahl des Stoffes. Langjährige Überlieferung hat den sachlichen Inhalt der „Einführung“ einigermaßen festgelegt; der Umfang des Handbuches wird nur durch den erforschten Kreis der Tatsachen begrenzt; hier aber gab es keine Vorbilder, und der Verfasser war ganz auf seine Kenntnisse und sein Gefühl für das Notwendige und Wichtige angewiesen. Ich glaube, er hat sich im großen und ganzen in all diesen Punkten seiner Aufgabe durchaus gewachsen gezeigt; man wird kaum eine wichtige Frage der neueren anorganischen Chemie, eine charakteristische Verbindung oder eine typische Reaktion vergebens suchen. Damit soll nun nicht gesagt sein, daß ich in allen Einzelheiten mit *Ephraims* Aus-

wahl und Wertung des Stoffes einverstanden wäre; so will es mir z. B. scheinen, als ob die einzelnen Elemente — besonders die Metalle — und ihre Verbindungen im Verhältnis zu den vergleichenden Abschnitten mehr Raum zu beanspruchen hätten; auch manche physikochemischen Tatsachen (Elektrochemie), die im allgemeinen sehr geschickt eingefügt sind, dürften stärker hervortreten; ferner ist die chemische Technologie nicht überall gleichmäßig und ausreichend behandelt; doch das sind Einzelheiten, die die Güte und Zuverlässigkeit der ganzen Arbeit nicht erheblich beeinträchtigen.

Wie die Stoffauswahl, so ist auch die *Art der Darstellung* recht glücklich; sie ist klar und einfach, setzt keine tieferen mathematischen und physikalischen Kenntnisse voraus und dringt doch fast überall so tief ein, daß ein vollständiges Verständnis der behandelten Probleme erzielt werden kann. Bei den Abschnitten über den Bau der Kristalle und Atome wäre eine Erweiterung nach der physikalischen — insbesondere nach der methodischen — Seite sehr zweckmäßig, damit der Chemiker die Schöpfungen der modernen Atom- und Molekularphysik nicht nur genießen, sondern auch kritisch zu betrachten und selbständig zu benutzen lerne.

Das Ephraimsche Buch wird nicht nur älteren Studierenden von erheblichem Nutzen sein, sondern auch den Chemikern im Beruf, die nicht Gelegenheit haben, den Fortschritten der Wissenschaft zu folgen. Besonders sei es den Physikern und allen anderen Vertretern anorganischer Naturwissenschaften sowie den Lehrenden empfohlen, die sich einen Überblick über den Stand der anorganischen Chemie verschaffen oder über einzelne Fragen unterrichten wollen.

Die Ausstattung des Werkes entspricht allen billigen Anforderungen.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Aus Natur und Geisteswelt.

Centnerszwer, M., Das Radium und die Radioaktivität.
2. Auflage. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921.
118 S. und 23 Abbildungen im Text.

Sammlung Götschen:

Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger. 10,5 × 15,5 cm.

Nr. 264/265. **Bauer, Hugo, Geschichte der Chemie.**
I u. II. 3. verbesserte Auflage. 100 u. 144 S. 1921.

Nr. 483. **Henglein, Martin, Lötrohrprobierkunde.**
Qualitative Analyse mit Hilfe des Lötrohres. 2. Auflage. 86 S. und 11 Fig. 1920.

Nr. 616. **Brion, G., Luftsälpeter.** Seine Gewinnung durch den elektrischen Flammenbogen. 2. Auflage. 128 S. und 51 Fig. 1921.

Nr. 544 u. 682. **Mannheim, E., Pharmazeutische Chemie.**
II. Organische Chemie. 2. Auflage. 140 S. 1921.
— IV. Übungspräparate. 2. Auflage. 110 S. und 5 Abbildungen. 1921.

Nr. 413. **Dorstewitz, Richard, und Georg Ottersbach, Drogenkunde.** 2. Auflage. 131 S. 1921.

Der wissenschaftliche Wert der beiden genannten Sammlungen steht fest, und die Tatsache, daß die angezeigten Werke alle in zweiter oder dritter Auflage vorliegen, beweist ihre weite Verbreitung. — Das Buch von *Centnerszwer* ist bereits von maßgebender Seite in dieser Zeitschrift (1913, 939) gewürdigt worden; in der neuen Auflage sind die damals beanstandeten Stellen verbessert und die inzwischen erzielten Fortschritte der Forschung eingefügt worden. — *Bauers Geschichte der Chemie* erinnert lebhaft an

Koordinatenpapier mit logarithmischer Teilung; je weiter man in der Zeit fortschreitet, um so gedrängter wird die Darstellung. Die Zeit vor *Lavoisier* wird auf 97 Seiten behandelt, während der ganzen neueren Chemie 139, den letzten 30 Jahren knapp 30 Seiten gewidmet sind; hätte der Verfasser seinen Maßstab umgekehrt, so würde er den Bedürfnissen seiner Leser besser entsprochen haben.

Die Lötrohrprobierkunde, die von den Chemikern eine Zeitlang wenig beachtet war, tritt neuerdings ihres didaktischen Wertes wegen wieder mehr hervor; sie ist von *Henglein* recht gründlich behandelt worden und zwar vorwiegend für die Zwecke der Mineralogen und Hüttenmänner. — Ein Heft, das viel mehr bietet, als der Titel vermuten läßt, ist *Brions Luftsälpeter*, dessen erste Auflage in dieser Zeitschrift (1913, 820) angezeigt wurde. Das erste Kapitel behandelt Vorkommen und Bildung der Stickstoffverbindungen in der Natur, die verschiedenen technischen Verfahren, den elementaren Stickstoff in Verbindungen überzuführen und die Theorie der Stickoxydbildung bei hoher Temperatur. Im zweiten Kapitel wird der Elektrizitätsdurchgang durch Gase, insbesondere die Physik des Flammenbogens geschildert; der 3. Abschnitt befaßt sich mit der „Erzeugung von Stickstoff-Sauerstoffverbindungen in elektrischen Gasentladungen“. Apparate zur elektrischen Stickstoffverbrennung in Laboratorium und Technik sind Gegenstand des 4. Kapitels, während das 5. über Analyse und Aufbereitung der erzeugten Stickoxydgase Aufschluß gibt und endlich das 6. die wirtschaftliche Seite der Stickstoffaktivierung beleuchtet. — Ein nach allen Richtungen vorzüglich durchgearbeitetes Werk!

Von den vier Heften „*Pharmazeutische Chemie*“ von *Mannheim* (Bonn) behandelt das zweite die organische Chemie, während das vierte die Darstellung organischer und anorganischer Übungspräparate beschreibt. Das letzte hat nur für den Fachmann Interesse; das andere darf auf einen viel weiteren Leserkreis rechnen, denn es gibt bündige Auskunft über eine sehr große Zahl von organischen Stoffen des Arzneischatzes, und die Erfahrung lehrt, daß der gebildete und ungebildete Konsument von Heilmitteln auch gern wissen möchte, was er schluckt oder einreibt. Aus demselben Grunde wird auch die *Drogenkunde* von *Dorstewitz* und *Ottersbach* viele Freunde finden. Das Büchelchen behandelt die pflanzlichen, tierischen und mineralischen Drogen. Die ersten sind weitaus überwiegend; sie sind eingeteilt nach ihrem Ursprungsort an der Pflanze (Wurzeln, Rinden, Blätter usw.) und werden in diesen Abteilungen in alphabetischer Folge besprochen, wobei Handelsformen, Herkunft, Eigenschaften, Wirkung und Verwendung geschildert werden.

Alle Bände der Sammlung Götschen sind mit ausführlichen Registern versehen, so daß man sich leicht zurechtfindet. Für eine erste Einführung in ein Wissensgebiet oder für gelegentliche Auskünfte wird man kaum bessere und preiswertere Hilfsmittel finden.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Frischauf, J., Grundriß der theoretischen Astronomie.
3. Auflage. Leipzig, W. Engelmann, 1922. XVI, 248 S. und 32 Abbildungen.

Wenn ein Buch, das seine erste Auflage vor 50 Jahren erlebte, sich soviel Jugendfrische bewahrt hat, daß es heute zum dritten Male aufgelegt werden kann, so spricht das allein schon für seinen Wert. Und da es keine wesentliche Umänderung erfahren hat, bleibt dem Rezensenten eigentlich nicht viel mehr übrig als das Buch gelegentlich allen denen zu empfehlen, die sich

in das Problem der Bahnbestimmung einführen lassen wollen; ohne in der Lage zu sein, so umfangreiche Werke wie die von *Oppolzer* oder *Bauschinger* eingehend zu studieren, um so mehr als diese beiden Bücher nur mehr schwer zu erhalten sind. Ein spezieller Vorzug des Buches von *Erischauf* ist nach wie vor der klar geschriebene Abschnitt über die Geschichte der Planetentheorien. Eine wertvolle Bereicherung hat die vorliegende Auflage gegenüber der vorhergehenden erfahren durch eine ausführliche Darstellung der Gibbsschen Methode.

H. Kienle, München.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Serien im Blei-Bogenspektrum.

Im Laufe einer auf Anregung von Herrn Professor N. Bohr vorgenommenen Untersuchung des Blei-Bogenspektrums ist es mir gelungen, eine Anzahl neuer Linien zu finden, wodurch es möglich geworden ist, zwei Serien, eine scharfe und eine diffuse, aufzustellen, die insgesamt ca. $\frac{2}{3}$ der jetzt bekannten Blei-Bogenlinien umfassen.

Die Linien wurden mit dem größten Quarzspektrograph von *Hilger* (Modell E 1) aufgenommen, die ganz kurzweiligen jedoch mit dem mittleren Modelle E 2. Als Lichtquelle wurde eine kleine Bogenlampe benutzt; die positive Elektrode war eine Kupferplatte, worauf ein kleines Stück metallisches Blei angebracht wurde, die negative Elektrode war ein zugespitzter Kupferstab (vgl. *de Gramont*, Phil. Mag. Februar 1922). Diese Lampe gibt bei 220 Volt mit ca. 2 Amp. einen intensiven Bleibogen. Die Linien wurden gegen Eisen-normalen gemessen.

Die Grundlage der Seriendarstellung bilden 10 von *Kayser* und *Runge* gefundene Triplets und außerdem 4 Triplets, die ich aus *Kayser* und *Runges* und *Eder* und *Valentis* Messungen herausfinden konnte. Hierzu kommen die ca. 20 von mir beobachteten Bleilinen, welche in Verbindung mit früher bekannten Linien 12 neue Triplets geben.

Die Resultate sind in den Tabellen I und II dargestellt; diese enthalten außer den vorläufig berechneten Grenzen die Wellenlängen λ in Å. E. (Rowland-System, Luft), Intensität J , Wellenzahl ν (gleichfalls Rowland-System, Luft), Wellenzahldifferenz $\delta \nu$, Term $m s$ oder $m d$, Termnummer m und Bruchteil μ des Rydbergennenners; die neuen Linien sind durch * markiert. Tabelle I gibt die scharfe Serie, die ziemlich regelmäßig verläuft. Die durch Striche angedeuteten Linien haben wahrscheinlich zu geringe Intensität, um mit der benutzten Anordnung beobachtet zu werden, wenn sie nicht außer dem Gebiet der Spektrographen fallen oder von starken Linien überdeckt sind. Ähnliches gilt für die Tabelle II, welche die diffuse Serie wiedergibt. Hier bietet doch die erste Reihe der d -Termen interessante Anomalien. Der erste d_1 -Term kombiniert nicht mit p_3 ; der erste d_2 -Term ist doppelt, und zwar so, daß d_2' nur mit p_1 und p_3 , d_2'' nur mit p_2 und p_3 kombiniert. Diese Aufspaltung des d_2 -Terms ist so eng, daß sie nur im ersten Gliede experimentell nachgewiesen werden könnte.

Es ist die Absicht, die erwähnten Verhältnisse näher zu diskutieren in einer späteren ausführlichen Mitteilung, in welcher man hofft, die Einordnung des Spektrums durch Supplierung des experimentellen Materials mit Untersuchungen im ultraroten und extrem ultravioletten Teil zu vervollständigen.

Tabelle I.

Scharfe Serie des Bleispektrums.

 $2 p_1 = 33362$ $2 p_2 = 49173$ $2 p_3 = 52005$

λ	J	ν	$\delta \nu$	$m s$	m	μ
7229,30	6	13 832,6	10 810,3			
4057,97	6	24 642,9	2 831,8	24 530	(2)	0,115
3639,71	6	27 474,7				
3671,65	3	27 235,7	10 810,3			
2628,36	4	38 046,5	2 831,9	11 126	(3)	0,140
2446,28	3	40 878,4				
3119,09	2	32 060,6	10 811,1			
2332,54	4	42 871,7	2 832,3	6301	(4)	0,173
2188,00	2	45 704,0				
* 2917,88	1	34 271,5	10 809,9			
* 2218,21	3	45 081,4	2 831,9	4091	(5)	0,179
* 2087,15	$1/2$	47 913,3				
—						
* 2159,77	2	46 301,2		2871	(6)	0,181
—						
* 2125,36	1	47 050,4		2123	(7)	0,189
—						

Tabelle 2.

Diffuse Serie des Bleispektrums.

 $2 p_1 = 38 362$ $2 p_2 = 49 173$ $2 p_3 = 52 005$

λ	J	ν	$\delta \nu$	$m d_3$	m	μ
4168,21	4	23 991,1	10 810,9			
2873,40	5	34 802,0	2 832,2	14 371	(3)	0,763
2657,16	3	37 634,2				
3262,47	3	30 651,6	10 811,2			
2411,80	4	41 462,8	2 833,4	7711	(4)	0,772
2257,53	1	44 296,2				
2980,29	2	33 553,8	10 811,2			
2254,02	3	44 365,2		4808	(5)	0,777
—						
* 2850,02	1	35 087,5	10 811,0			
* 2178,72	2	45 898,5		3275	(6)	0,787
—						
* 2779,89	$1/2$	35 972,5	10 810,0			
* 2137,55	1	46 782,5		2390	(7)	0,775
—						
* 2735,96	0	36 550,3		1812	(8)	0,780
—						
* 2707 od. 08	0				(9)	
—						
—						

λ	J	v	δv	$m d_2$	m	μ
4062,30	4	24 616,6	13 642,8	13 746		
2823,28	4	35 419,8				
2614,26	5	33 251,7	2 831,9	13 753	(3)	0,825
2613,74	4	38 259,4				
3240,31	3	30 861,2	10 810,8			
2399,69	3	41 672,0	2 831,8	7 501	(4)	0,824
2247,00	6	44 503,8				
*2973,09	2	33 635,0	10 810,2			
*2249,96	1	44 445,2	2 831,7	4 727	(5)	0,818
2115,20	5	47 276,9				
*2847,74	1	35 115,9	13 643,7	3 246	(6)	0,814
—						
2050,88	4	48 759,6				
*2777,90	1/2	35 998,4	13 632	2 364	(7)	0,811
—						
2015		49 630				

λ	J	v	δv	$m d_1$	m	μ
4019,17	4	24 877,1	10 810,6			
2802,09	6	35 687,7		13 485	(3)	0,852
3220,68	3	31 049,3	10 811,1			
2388,89	4	41 860,4	2 831,9	7313	(4)	0,873
2237,52	5	44 692,3				
*2066,53	2	33 709,4	13 640,9	4653	(5)	0,856
—						
2111,92	4	47 350,3				
*2344,80	1	35 151,9	10 810,7			
2175,88	2	45 962,6	2 834,6	3210	(6)	0,846
2049,30	3	44 897,2				
*2776,36	1/2	36 018,4	10 806,9			
*2135,60	1	46 825,3		2344	(7)	0,841
—						
*2734,96	0	36 563,6		1798	(8)	0,810
—						
—						

Kopenhagen, Institut für theoretische Physik, den
27. Dezember 1922. V. Thorsen.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Ausbeutung neuer Radiumvorkommen. Während Österreich bis kurze Zeit vor dem Kriege mit seiner Radiumproduktion, die auf dem Uranpecherzorkommen von Joachimstal beruhte, den Radiummarkt beherrschte, gewannen allmählich die Vereinigten Staaten die Vorherrschaft. Die schon im Jahre 1900 von Hillebrand und Ransome beschriebenen Carnotitvorkommen an der Grenze von Colorado und Utah, deren wichtigste im Paradox Valley liegen, werden etwa

seit dem Jahre 1911 in stärkerem Maße ausgebeutet. Die dort geförderten Erze enthalten durchschnittlich 1,5 bis 2,8 % Uranoxyd und, da der Radiumgehalt im Mittel etwa 90 % des Gleichgewichtswertes erreicht, in 1000 kg 4 bis 7 mg Radium. Außerdem sind in Colorado schon seit dem Jahre 1905 auch einige neuerweise Vorkommen von Uranpecherz von zum Teil hohem Radiumgehalt ausgebeutet worden, die schnell erschöpft waren.

Im Jahre 1911 betrug die österreichische Erzeugung 2 g Radium, im nächsten 1,7 g. Im gleichen Jahre 1912 wurden in den Vereinigten Staaten Erze gefördert und verfrachtet, die bei Verarbeitung mit 80 % Ausbeute 5,4 g Radium hätten ergeben können. Der größte Teil davon wurde damals noch nach Europa verschifft. Im Jahre 1913 war die amerikanische Förderung um etwa 30 % gestiegen und enthielt 8,7 g Radiummetall, d. h. sie konnte mit 80 % Ausbeute 7 g Radium ergeben. Etwas mehr als die Hälfte wurde noch in Europa aufgearbeitet, der Rest aber sollte in den Vereinigten Staaten selbst zur Verarbeitung kommen. In Wirklichkeit aber war erst eine amerikanische Gesellschaft in der Lage, hochprozentige Radiumsalze herzustellen, und deren Produktion betrug, auf Radiummetall berechnet, 2 g. Die Erzeugung aus sonstigen Vorkommen in Portugal, Cornwall und Südaustralien ist für das Jahr 1913 auf etwa 4 g zu schätzen; die Weltproduktion des Jahres 1913 also auf höchstens 13 g. Ebenso groß aber war für das Jahr 1920 die Erzeugung der Standard Chemical Co. in Pittsburgh allein. Die amerikanische Industrie hatte sich inzwischen genügend entwickelt, um die Carnotitlager, die die bedeutendsten Radiumvorkommen der Erde sind, selbst auszubeuten.

Aber nun kommt die Nachricht, daß sämtliche amerikanische Werke stillgelegt werden mußten. Der Preis, der für 1 mg Radiummetall schon vor einigen Monaten von 120 auf 90 \$ herabgesetzt wurde, ist neuerdings auf 70 \$ ermäßigt worden. Die Furcht vor weiteren Preisrückgängen dämpft die Kauflust und hat zu allerlei Gerüchten geführt, daß es sich um rein finanzielle Manöver handelte, um schwächere Gesellschaften zu unterdrücken. Ein Moment, das hierfür spricht, ist, daß die Gelegenheit günstig scheint. Denn die amerikanischen Radiumgesellschaften hatten trotz des allgemeinen Geschäftsrückganges ihre Fabrikation weitergeführt und im Jahre 1921 die größte je gewonnene Menge, nämlich 36 g Radiummetall, hergestellt. Davon blieb der größte Teil unverkauft.

In einem Aufsätze von W. H. Barker im Chemical and Metallurgical Engineering vom 6. Dezember wird nun dargelegt, daß zu diesem Preise keine einzige amerikanische Gesellschaft mehr mit Gewinn verkaufen kann. Die Förderung einer Tonne zweiprozentigen Uranerzes¹⁾ mit einem Gehalt von 5,3 mg Radium kostet 150 \$, ihre Verarbeitung auf Radium 100 bis 150 \$. Die Gesteungskosten eines mg Radium sind also, wenn man mit 80 % Ausbeute rechnet, 65 \$; die Gesamtkosten unter Einrechnung von Verwaltungs- und Verkaufspesen 75 \$. Berücksichtigt man aber das Risiko, das bei der Radiumherstellung zu tragen ist, und einen Gewinn, der als Anreiz zur Erzeugung notwendig ist, so kommt Barker zu dem Schlusse, daß Radium aus amerikanischen Erzen nicht unter 100 \$ verkauft werden könnte.

In der Tat ist nun auch bekannt geworden, daß die Konkurrenz der im Katangagebiet der Kongo-

¹⁾ Das Uranerz wird nach short tons zu 907,2 kg und Uranoxydgehalt gehandelt.

Kolonie entdeckten Lager hochwertiger Erze den Preis gedrückt hat. Vor mehreren Monaten schon kamen 60 Tonnen 50prozentigen Uranpfecherzes aus dem Gebiete der Union Minière du Haut-Katanga einer englisch-belgischen Kupferminengesellschaft nach Belgien. Daraus können 6 bis 7 g Radium gewonnen werden. Nun hat die Radium Company of Colorado mit der Société Générale du Radium eine Vereinbarung getroffen und Techniker nach Belgien gesandt, um bei der Einrichtung der Fabrikation in Oolen behilflich zu sein. Dem Übereinkommen haben sich weitere amerikanische Firmen angeschlossen, die den Verkauf der belgischen Erzeugung in Amerika übernommen haben. So bleiben die amerikanischen Firmen mit ihren technischen und kaufmännischen Einrichtungen erhalten. Es spricht dabei die Erwartung — vielleicht auch nur die Hoffnung der an einem höheren Preise interessierten Kreise — mit, daß es sich im Katangagebiet nur um ein nesterweises Vorkommen hochwertigen Erzes handelt, so daß nach dessen Erschöpfung wieder die amerikanischen Carnotitvorkommen ihre beherrschende Bedeutung erlangen.

Inzwischen kommen aber aus Frankreich Nachrichten, welche die Erfüllung solcher amerikanischen Hoffnungen noch etwas weiter hinausschieben. Nach Mitteilungen von *Lauroix* können aus einer Tonne Betafit, einem Uranmineral aus dem Betafogebiete in Madagaskar, etwa 60 mg Radiummetall gewonnen werden. Es handelt sich also auch hierbei um ein weit höherprozentiges Erz als in den amerikanischen Vorkommen. Allerdings sind die Lager wohl nicht so ausgedehnt, denn man rechnet nur mit einer Jahreserzeugung von 2 g.

Das Chemical and Metallurgical Engineering nimmt an, daß der Preis von 70 \$ für das mg Radium nicht weiter unterschritten wird, und richtet deshalb dringende Aufforderungen an Philantropen, sie möchten doch amerikanischen Instituten größere Mengen zu Heilzwecken zur Verfügung stellen. In vorbildlichem Sinne hätten dabei der Staat New York und die Stadt Philadelphia mit dem Ankauf von je zwei Gramm und die Provinz Quebec mit dem Ankauf von einem Gramm Radium gehandelt.

W. Metzner.

Über die Leistungen der Eötvösschen Schwerewage (*R. Schumann*, Bergbau und Hütte, 6. Jahrg., Heft 1). **Vorläufige Ergebnisse aus den Schwerewagenmessungen in der Ebene östlich von Zillingdorf** (Österr. Monatschrift f. d. öffentl. Baudienst und das Berg- und Hüttenwesen, 1. Jahrg., Heft 5; geologischer Teil v. *R. Grengg*, Heft 6; 2. Jahrg., Heft 7).

Die Eötvössche Drehwage entwickelt sich immer mehr zu einem wesentlichen Hilfsinstrument für den praktischen Geologen, da sie ermöglicht, Angaben über die Massenverteilung unterhalb des Erdbodens zu gewinnen. Wenn die Resultate in gewissem Sinne unbestimmt bleiben müssen, da die Schwerkraftverhältnisse allein nicht hinreichen, die Größe und Lage der Massen zu berechnen, so lassen sich doch im Zusammenhalt mit bereits bekannten Tatsachen und dem geologischen Befund recht sichere und wertvolle Aufschlüsse gewinnen. Die hier besprochenen Untersuchungen wurden von *R. Schumann* unternommen, um die Ausdehnung des Braunkohlenlagers von Zillingdorf im Wiener Becken (unweit Wiener Neustadt) festzustellen.

Zuerst wurden im Winter 1918/19 Voruntersuchungen in einem Keller der Technischen Hochschule in Wien angestellt (Eine Verwendung der Eötvösschen Drehwage in unterirdischen Räumen: Mitteilungen aus dem Markscheidewesen, Jahrg. 1920), wobei dasselbe Instrument zur Anwendung kam, welches Eötvös auf dem Plattensee in Ungarn verwendete. Diese Untersuchungen sind deshalb von Interesse, weil sie die Empfindlichkeit solcher Instrumente in das beste Licht setzen. Schon innerhalb des wenige Quadratmeter messenden Raumes zeigten sich deutliche Unterschiede in den Schwerkraftverhältnissen, und es ließ sich bis auf wenige Zentimeter der Punkt bestimmen, wo die Schwere ein Maximum erreicht. Ferner konnte deutlich der Unterschied konstatiert werden, der sich durch die im Nachbarkeller untergebrachten und im Laufe des Winters abnehmenden Kohlenvorräte ergab.

Die Feldmessungen begannen im Sommer 1919 in der Ebene zwischen Zillingdorf und dem östlicher gelegenen deutschen Braunkohlenwerk. In diesem Jahre wurden 51 Stationen erledigt. Im folgenden Jahre wurden die Messungen auf den nordwestlich anschließenden Teil der Ebene über Theresienfeld bis Sollenau ausgedehnt und an 60 Stationen beobachtet. Dabei kam man dem Alpenrand schon beträchtlich näher. So ungeheure Ebenen wie in Ungarn, die für die Anwendung der Drehwage die günstigsten Bedingungen bieten, findet man in Österreich nicht.

Als Resultat ergab sich zunächst ein deutliches Anwachsen der Schwere in der Richtung gegen Osten; dies ließ sich jedoch weder durch die als kompensiert gedachten Alpen noch durch das Leithagebirge erklären. Es bleibt nur übrig, das Leithagebirge als nicht kompensiert anzusehen, was bei so kleinen Gebirgen dem Begriff der Isostasie nicht widerspricht. Der Fuß des Leithagebirges scheint sich unter dem Wiener Becken gegen Westen vorzuschieben. Der Verlauf der Schwerkraftverhältnisse, wie sie die Drehwage anzeigt, ist im allgemeinen ein regelmäßiger.

Nur in der Gegend einer bekannten Verwerfung beim „Tagbau“ fanden sich Unregelmäßigkeiten. Sie lassen auf Dichtigkeitssprünge in der Tiefe schließen, wie sie durch Materialwechsel oder auch durch Höhlungen, alte Stollen usw. veranlaßt sein können. Eine ähnliche Stelle fand sich 1920 in der Nähe von Felixdorf.

Im übrigen lassen die Messungen erkennen, daß in dem untersuchten Teile des Wiener-Neustädter Steinfeldes keine plötzlichen Wechsel vorkommen, so daß man offenbar auf Überraschungen in den darunter liegenden Schichten nicht rechnen darf. Es dürfte das mit dem langsam in die Tiefe steigenden Fuße des Leithagebirges zusammenhängen. Das Wiener Becken und die Gegend des Neusiedlersees in Ungarn sind durch eine flache Schwelle getrennt. Dort haben die abströmenden Wasser das Treibholz abgelagert, aus dem sich die heutigen Lignite bildeten. In der Mitte des Wiener Beckens lag der Boden viel tiefer. Nach *Waagen* müßte man dort bei einem Vorkommen der Kohle auf 4—500 m Tiefe rechnen, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Drehwage. Ein geschlossenes großes Kohlenflöz scheint nicht vorhanden zu sein, doch ist ein vereinzelter Vorkommen nicht unwahrscheinlich. Es erscheint daher die Fortsetzung der Messungen nicht aussichtslos, wodurch jedenfalls viele zeitraubende und kostspielige Bohrungen vermieden werden.

A. Prey.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 6. (Seite 81—96.)

9. Februar 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Das mikrurgische Verfahren. Von *Tibor Péterfi*,
Berlin-Dahlem. S. 91.

Der Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen
Bewegungen der Erdkruste. Von *Otto Baschin*,
Berlin. S. 87.

Eine Niederschrift des Chemikers J. W. Döbereiner
für Goethe und die Großherzogin Maria Paulowna.
Von *Julius Schiff*, Breslau. S. 89.

Besprechungen:

Paschen, F., und R. Götze, Seriengesetze der

Linienpektren. Von *W. Grotrian*, Berlin-
Potsdam. S. 90.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die Siedelungen Flanderns. Die Aufzeichnungen
des chilenischen Erdbebens vom 11. November
im Potsdamer Geodätischen Institut. Ost-Tibet
auf Grund eigener Reisen. S. 92.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der
Wissenschaften. S. 93.

Als Ergänzung zu den „Naturwissenschaften“ erscheint soeben:

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Herausgegeben von der Schriftleitung der Naturwissenschaften

Der erste Band umfaßt 25 $\frac{3}{4}$ Bogen in Lexikonformat und wird den Beziehern der „Naturwissenschaften“
zu einem Vorzugspreise geliefert.

G. Z. 12,5; geb. G. Z. 14

Der erste Band enthält die folgenden Arbeiten:

Die Fortschritte der Astronomie im Jahre 1921, von
Dr. R. Prager, Neubabelsberg.

Relativitätstheorie, v. Professor Dr. Hans Thirring,
Wien.

Statistische Mechanik, von Professor Dr. Paul Hertz,
Göttingen.

Neuere Untersuchungen über kritische Zustände
rasch umlaufender Wellen, von Professor Dr.
R. Grammel Stuttgart. Mit 15 Abbildungen.

Der Nernstsche Wärmesatz, von Professor Dr.
A. Eucken, Breslau. Mit 2 Abbildungen.

Wärmestrahlung, von Professor Dr. F. Henning,
Berlin-Lichterfelde.

Kontaktpotential, von Professor Dr. Alfred Coehn,
Göttingen.

Chemische Kinetik (Reaktionsgeschwindigkeiten), von
Professor Dr. Max Bodenstein, Hannover.

Photochemie, von Professor Dr. Max Bodenstein,
Hannover.

Die neuen Wandlungen der Theorie der elektroly-
tischen Dissoziation, von Oberregierungsrat Dr.
Friedrich Auerbach, Berlin. Mit 1 Abbildung.

Röntgenstrahlenspektroskopie, von Professor Dr.
M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf. Mit 1 Ab-
bildung.

Fortschritte im Bereich der Kristallstruktur, von
Professor Dr. A. Johansen, Berlin.

Fortschritte der Atom- und Spektralanalyse, von
Dr. Gregor Wentzel, München. Mit 3 Ab-
bildungen.

Der heutige Stand der Theorie der Bandenspektren,
von Professor Dr. A. Kratzer, Münster. Mit
4 Abbildungen.

Lichtelektrische Wirkung und Photolumineszenz,
von Professor Dr. Peter Pringsheim, Berlin.

Das periodische System der chemischen Elemente,
von Professor Dr. Fritz Paneth, Berlin. Mit
6 Abbildungen.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 800.— M. für Februar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 250.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050-58. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer.
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Voigt & Hochgesang Göttingen

**Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.** (260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Aeltere Jahrgänge der

Naturwissenschaften zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 293 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschienen:

DIE ALCHEMIE DES GEBER

Übersetzt und erklärt von

DR. ERNST DARMSTAEDTER

Mit 10 Lichtdrucktafeln (X, 202 S.) — G. Z. 12; geb. G. Z. 13,25

Dieses Buch enthält eine ausführlich kommentierte Übersetzung aller in lateinischen Texten erhaltenen Werke Gebers, des angesehensten alchemistischen Autors des Mittelalters. Die eingehenden Erläuterungen des Übersetzers behandeln die Experimente und Präparate Gebers sowie die alchemistischen Theorien des Mittelalters und des Altertums.

Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. Mit einem Anhang: Zur älteren Geschichte der Metalle. Ein Beitrag zur Kulturgeschichte. Von Prof. Dr. Edmund O. von Lippmann, Dr.-Ing. e. h. der Technischen Hochschule zu Dresden, Direktor der „Zuckerraffinerie Halle“ in Halle a. S. 1919. (XVI, 742 S.) G. Z. 26

Zeittafeln zur Geschichte der organischen Chemie. Ein Versuch. Von Prof. Dr. Edmund O. von Lippmann, Dr.-Ing. e. h. der Technischen Hochschule zu Dresden, Direktor der „Zuckerraffinerie Halle“ in Halle a. S. 1921. (X, 314 S.) G. Z. 2

Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Von Professor Dr. Edmund O. von Lippmann, Dr.-Ing. e. h. der Technischen Hochschule zu Dresden, Direktor der „Zuckerraffinerie Halle“ in Halle a. S. Mit 2 Abbildungen im Text. 1923. (VI, 314 S.) G. Z. 8; gebunden G. Z. 9,5

Festschrift der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Zu ihrem 10jährigen Jubiläum dargebracht von ihren Instituten. Mit 19 Textabbildungen und einer Tafel. 1921. (VI, 282 S.) G. Z. 12; gebunden G. Z. 15

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Das mikrurgische Verfahren.

Von Tibor Péterfi, Berlin-Dahlem.

Seit der allgemeinen Verwendung des Mikroskops haben fast alle Mikroskopiker schon versucht, im mikroskopischen Sehfeld zu präparieren, zu operieren oder verschiedene Versuche anzustellen. Mancher Begründer der heutigen Cytologie, Embryologie und Histologie (K. E. von Baer, H. von Mohl, Joh. Müller, Dujardin, Ehrenberg, M. Schultze, Bütschli u. a.) hat infolge besonderer persönlicher Begabung auch aus freier Hand Eingriffe vorgenommen, die in ihrer Art selbst mit den jetzigen mechanischen Einrichtungen nicht besser hätten ausgeführt werden können. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts hat man (H. D. Schmidt, Herlitzka, Chambry und Kopsch, Mc. Clendon, Tschachotin) auch Apparate hergestellt, die mit feinen Schrauben oder sonstigen sinnreichen mechanischen Mitteln eine genauere Führung der Instrumente ermöglichten, als bei Benutzung nur der freien Hand. Die Anwendbarkeit all dieser Geräte war aber immer nur auf einen engen Kreis, meist nur auf bestimmte Probleme beschränkt. Sie wurden hauptsächlich zur genaueren Ausführung entwicklungsmechanischer Operationen erbaut, z. B. um bestimmte Eibezirke oder Blästomeren zu beeinflussen. Die Gegenstände solcher Operationen sind aber auch mit stärkerer Lupenvergrößerung schon sichtbar. Die Eingriffe konnten also aus freier Hand mit der nötigen Übung rascher, leichter und ebenso sicher erfolgen, als mit Apparaten. Es ist daher leicht erklärlich, daß die Operationstechnik der Entwicklungsmechanik auch ohne kompliziertere Geräte zu einer großen Vollkommenheit gelangen konnte (Roux, Braus, O. Schultze, Zoya, Wilson, Morgan, Barfurth, Spemann), da bei der großen Brennweite der schwachen Linsen richtig ausgewählte Objekte mit Feininstrumenten auch aus freier Hand behandelt werden konnten. Dort aber, wo die mikroskopischen Gegenstände nur bei starken Vergrößerungen sichtbar werden, ist ein solches Verfahren außerordentlich mühsam oder ganz unmöglich, nicht nur des geringen Objektabstandes halber, sondern auch deshalb, weil man aus freier Hand in einem so winzigen Sehfeld die Instrumente weder halten noch führen kann.

Alle rein mikroskopischen Wissenschaften wie die Zytologie, Histologie und Bakteriologie, die meist mit starken Vergrößerungen arbeiten, mußten sich also damit zufrieden stellen, ihre Untersuchungsgegenstände bis in ihre feinsten

Einzelheiten hinein sichtbar zu machen, sie morphologisch restlos zu durchforschen und aus den morphologischen Tatsachen Schlüsse auf die funktionelle Bedeutung der Strukturen zu ziehen. Es dürfte wohl allgemein bekannt sein, daß auch bei dieser Lage der Dinge das Experimentieren im mikroskopischen Bilde vielfach möglich war. Man hat thermische und elektrische Reize zu dem auf dem Tragglass liegenden Gegenstand geleitet oder zwischen Deck- und Tragglass verschiedene Lösungen hindurchströmen lassen usw. Neben diesen unmittelbar am Mikroskopisch angestellten Versuchen hat man in großer Anzahl und in mannigfaltigster Form auch Versuche ausgeführt, bei denen das Versuchstier als Ganzes bestimmten experimentellen Bedingungen ausgesetzt war und die erzielte Wirkung auf die Gewebe bzw. Zellen erst nachträglich mit dem Mikroskop festgestellt wurde. Alle diese Versuche, so viel Neues und Wertvolles sie auch der Biologie brachten, konnten die Zytologen nicht restlos zufriedenstellen. Man hat die Zelle mit starken Apochromaten und mit einer immer feineren Mikrotechnik bis in ihre feinsten Bestandteile durchforscht, man hat allgemein verbreitete Zellorganellen: Elementar fibrillen, Mitochondrien, Binnennetze usw. entdeckt, aber selbst die schönsten Präparate und die schärfsten Bilder davon konnten über die biologische Bedeutung dieser Gebilde keinen sicheren Aufschluß geben. Es wird wohl kaum einen Mikroskopiker geben, der nicht schon den Wunsch gespürt hätte, sein Objekt, das er so klar und nahe unter der Linse vor sich sah, auch berühren, bewegen, herauspräparieren oder sonstwie direkt angreifen zu können. Wie viele auch heute noch offene Streitfragen hätten schon längst ihre Lösung gefunden, wenn man nur mit einer entsprechend feinen Nadel hätte untersuchen können, ob ein Gebilde in oder auf der Zelle, unterhalb oder oberhalb des Sarkolemmas, innerhalb oder außerhalb des Neurits liegt!

Am meisten war der Mangel eines mikroskopisch verfolgbaren, direkten Versuchsvorgangs bei den physikochemischen Zellforschungen fühlbar. Selbst die einfachsten Vorstellungen über die physikalischen Eigenschaften der Zelle konnten nur mit komplizierten Methoden, oft nur auf indirektem spekulativen Wege gewonnen werden. Es ist bezeichnend, daß solche scheinbar elementare Fragen, wie der Zustand des Protoplasmas — flüssig oder starr — auch heute noch heiß umstritten werden. Das kann im ersten Augenblick um so mehr überraschen, als bekanntlich — wie die Beispiele von Pfeffer

und Bütschli zeigen — am Anfang der physikochemischen Ära die physikalische Chemie eng mit der Biologie verknüpft war. Je mehr sich aber die zwei Wissenschaften in ihrem eigenen Gebiet weiterentwickelt haben, um so schwieriger wurde es, mangels einer direkten Versuchstechnik, die Errungenschaften der Physikochemie auf die Zelle anzuwenden, und umgekehrt, die sichtbar gewordenen, teils lebenden, meist aber fixierten und gefärbten Zellgebilde physikochemisch zu

Form könnte aber die physikalische Chemie der Zelle gefördert werden, wenn man über eine Technik verfügte, mit der man die Versuche unmittelbar an der Zelle, und zwar bei beliebig starken Vergrößerungen ausführen kann.

Diese Möglichkeit bietet nun, sowohl für die physikalisch-chemische Forschungsrichtung wie überhaupt für die ganze Zell- und Mikrobiologie das *mikrurgische Verfahren*. Es wurde zuerst von dem holländischen Bak-

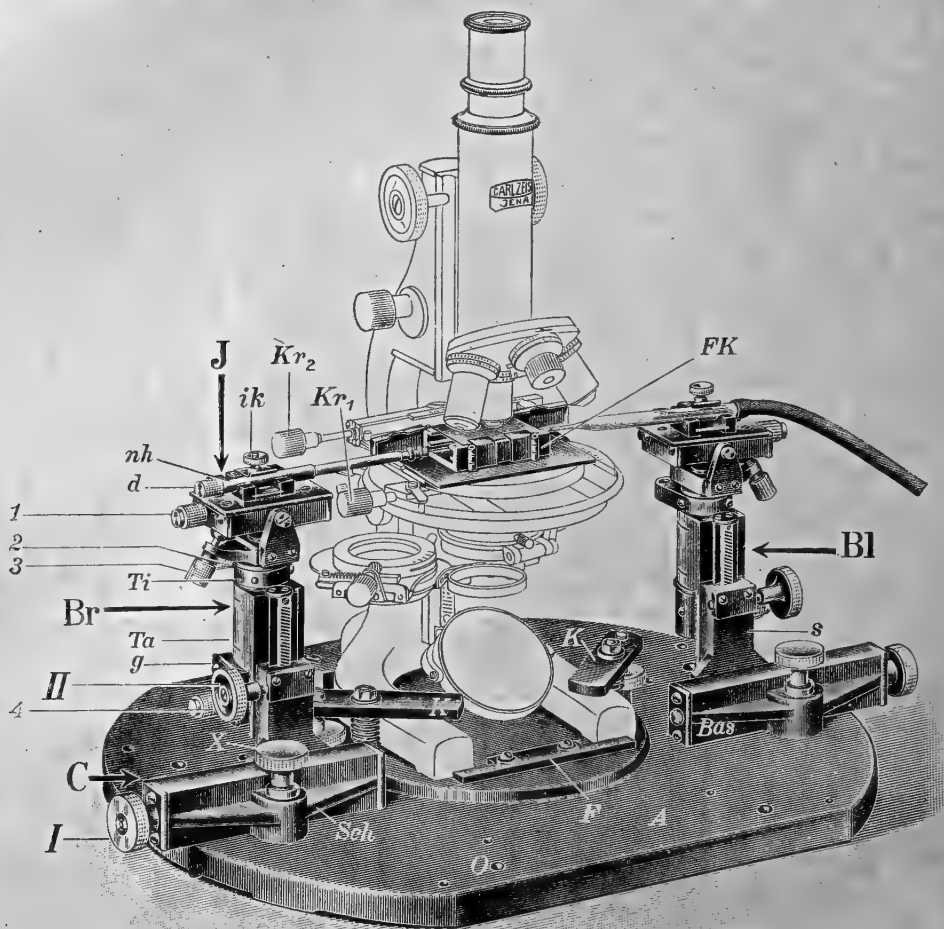


Fig. 1. Mikromanipulator nach Janse und Péterfi. Br: rechtes, Bl: linkes Operationsstativ, O: Gewinde für die vorderen Operationsstativ, A: Grundplatte, F: Anschlagleiste, K: Fußklemme, J: Instrumententisch, ik: Instrumentenklemme, nh: Nadelhalter, d: Drehknopf des Nadelhalters, Ti, Ta, C, Sch, g, X: Bestandteile der Operationsstativ, I: grobe Perlateralschraube, II: grobe Vertikalschraube, 1: feine Perlateralschraube, 2: feine Sagittalschraube, 3: Diagonalschraube, 4: feine Vertikalschraube, Kr₁, Kr₂: Kreuztischschrauben, FK: Feuchtkammer.

prüfen. Es erübrigt sich hier, auf die große Bedeutung eines innigeren Zusammenwirkens der Zytologie mit der Physikochemie hinzuweisen. Zahlreiche Forscher (Hoeber, Bechold, Warburg, Lillie, Spek und viele andere) haben schon in dieser Richtung bahnbrechend gewirkt und für die Auffassung, daß erst auf physikochemischer Grundlage eine exaktere Deutung der lebenden Substanz und der Zellfunktion zu erlangen ist, wertvolles Beweismaterial geliefert. In noch verstärkterem Maße und in noch mannigfaltigerer

teriologen S. L. Schouten im Jahre 1899 erfunden und von ihm fast ausschließlich zur Isolierung einzelner Bakterien verwandt. Schouten hat neben dem Mikroskop — und mit diesem fest verbunden — einen Apparat erbaut, der in allen drei Richtungen des Raumes mikroskopisch kleine und gleichmäßige Bewegungen gestattet. An diesem Apparat befestigte er eine feine Glasöse und führte sie in eine auf den Mikroskopisch gestellte Feuchtkammer, die zur Einführung der Ösen auf beiden Seiten offen stand. Die Feucht-

kammer war mit einem Deckglas bedeckt; dieses trug auf seiner unteren Fläche in einem Hängetropfen die Bakterien, aus denen eins dann mit der Öse abgefangen wurde. Unabhängig von ihm erfand einige Jahre später (1904) der Amerikaner *M. A. Barber* seinen sog. Pipettenhalter, der, wenngleich in einer anderen Ausführung, dieselbe Leistungsfähigkeit besaß wie der Isolierapparat von *Schouten*. Auch *Barber* hat seinen Apparat vorwiegend für bakteriologische Einzelkulturen verwendet. Er gebrauchte aber keine Glasösen dazu, sondern äußerst feine Glaspipetten (Mikropipetten), die er dann auch für zytologische Zwecke verwendete. *Barber* war auch der erste, der die für die zytologischen Untersuchungen am besten geeigneten Feingeräte, die Mikronadeln, erfand. Auf einer winzigen Gasflamme hat er Glaskapillaren in so feine Nadeln ausgezogen, daß diese eine nur 30—40 μ lange und höchstens 1 μ dicke Spitze hatten. Mit diesen Nadeln konnte er einige einfache Zelloperationen, das Anstechen oder -schneiden der Zellen ausführen, wobei er ebenso in einer zflässern, auf der einen Seite offenen feuchten Kammer und im hängenden Tropfen operierte, wie *Schouten*. *Barber* hat also zuerst den Weg gezeigt, wie das Verfahren nicht nur bei bakteriologischen, sondern auch bei zytologischen Fragen angewendet werden kann. Auf Grund seiner Anweisungen und mit seinem Apparat haben dann *Kite* und *Chambers* die Methode für eine ganze Reihe von zytologischen Fragen benutzt und den zytologischen Anforderungen entsprechend ausgestaltet. Die systematische Einführung der Methode in die Biologie ist ohne Zweifel an den Namen von *Chambers* geknüpft. Er hat auch selbst in letzter Zeit einen neuen Apparat an Stelle des Barberschen Pipettenhalters erfunden, der diesem gegenüber den großen Vorteil hat, daß man gleichzeitig mit zwei Instrumenten arbeiten kann, was bei dem Barberschen Apparat recht umständlich ist. Auch der tote Gang der Feinschrauben, ein häufiges Übel beim Gebrauch des Barberschen Pipettenhalters, ist hier gänzlich ausgeschaltet.

Zu mikrurgischen Zwecken, d. h. zur Ausführung verschiedener Zelloperationen oder noch allgemeiner ausgedrückt, zu den Mikromanipulationen wurde nun im vorigen Jahr unter der Leitung von Prof. *H. Siedentopf* und nach meinen Angaben der *Zeißsche Mikromanipulator* erbaut (Fig. 1). Er stellt einen von den amerikanischen grundsätzlich abweichenden Typus dar, indem er nicht wie diese an dem Mikroskoptisch befestigt, sondern wie bei *Schouten* auf einer Grundplatte mit dem Mikroskop verbunden ist. In der Mitte dieser Grundplatte befestigt man das Mikroskop, und beiderseits stellt man die eigentlichen mechanischen Einrichtungen, die Operationsstative, auf. Meist genügen zwei solche, eins rechts und eins links. Man kann aber noch zwei weitere

vor dem Mikroskop aufstellen und nötigenfalls mit vier Operationsstativen arbeiten. Jedes von ihnen trägt an seinem oberen Ende den Instrumententisch, in dessen Klammern die Feingeräte (Mikroinstrumente) eingeklemmt werden. Ein Teil der Instrumente (alle Pipetten und ähnliche aus dickeren Glasröhren angefertigte Werkzeuge) liegt unmittelbar in der Klammer drinn, die anderen, z. B. alle aus Kapillaren hergestellten Feinnadeln, Messerchen u. ähnl., müssen zuerst in besondere Nadelhalter eingefügt werden. Die Nadelhalter kommen als einfache und als doppelte Nadelhalter in Gebrauch (Fig. 2). Der einfache

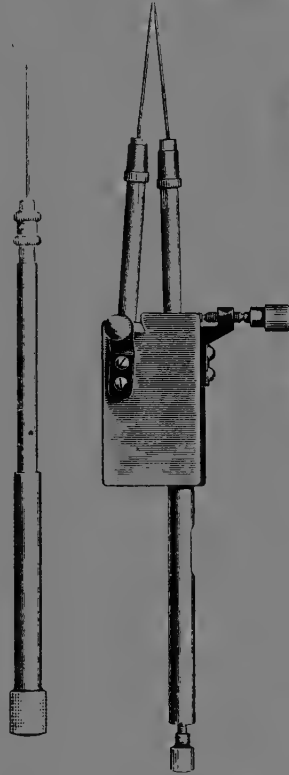


Fig. 2. Der einfache und doppelte Nadelhalter.



Fig. 4. Der mikrurgische Brenner.

dient lediglich zum Festhalten einzelner Feingeräte. Der Doppelnadelhalter wird dagegen hauptsächlich bei der Herstellung der Mikropinzette verwendet, mit der man unter der Linse die Objekte festhalten kann. Sie wird einfach so hergestellt, daß man in die zwei gegeneinander geneigten und durch die eine Feinschraube bewegbaren Arme zwei gleichgeformte fein zugespitzte Glasnadeln befestigt, sie mit den beiden andern Schrauben auf gleiche Höhe und gleiche Länge bringt und nun mit der schon erwähnten Schraube A einander nähert, bis die Nadelspitzen sich berühren. Dreht man die Schraube zurück, so öffnet sich die Pinzette; dreht man sie vor, so schließen sich die Nadelspitzen zusammen und fassen das dort liegende Objekt.

Sowohl die Operationsstative wie die Instrumente werden durch gröbere und feinere Schrauben

ben in allen drei Richtungen des Raumes, also vertikal, sagittal und perlatel bewegt. Die durch die groben Schrauben erzielten Bewegungen sind schon mit freiem Auge sichtbar und dienen zum raschen Führen der ganzen Operationsstative, was besonders zum Einstellen der Instrumente nötig ist. Die feinen Schrauben führen dieselben Bewegungen in einer bloß mit dem Mikroskop sichtbaren Feinheit aus und wirken auf die Instrumente allein. Alle Bewegungen verlaufen zwangsläufig, gleichmäßig und genau. Das grundsätzlich Neue in dieser Konstruktion ist die doppelte Verteilung der Bewegungen auf gröbere und feinere Schrauben, wodurch die Tätigkeit der feinen Schrauben für die Operation selbst aufgespart bleibt, während

Bau des Manipulators mußte aber natürlich auch die ganze weitere Technik angepaßt werden, wobei manche Neuerungen und Verbesserungen eintreten konnten. So ist z. B. meine Feuchtkammer (Fig. 3) nicht nur beiderseits, sondern auch vorne mit kleinen Türen versehen, die zur Einführung der Instrumente geöffnet und nach der Operation wieder geschlossen werden. Als Geräte verwende ich vorwiegend aus Hartglas erzeugte Feinnadeln und Feinpipetten. Alle diese Instrumente lassen sich von einem jeden, der eine gewisse Übung darin erlangt hat, ohne besondere Schwierigkeiten herstellen. Man bedient sich dazu eines mikrurgischen Brenners, wie ich ihn aus einem etwas abgeänderten Gasbrenner hergestellt habe (Fig. 4). Man kann bei diesem auf die Leitung der Sparflamme die feine Hohnadel einer Rekordspritze aufsetzen und erzeugt auf dieser die zur Herstellung der 1μ dicken Nadelspitze nötige 1–2 mm hohe Flamme. In der Hauptflamme des Brenners zieht man $1\frac{1}{2}$ bis 2 mm dicke Glaskapillaren aus, zerschneidet sie in 10 bis 12 cm lange Stücke und zieht dann in der Flamme selbst die Kapillare in einen dünnen Faden aus, um schließlich diesen oberhalb der Flamme in zwei Stücke zu teilen.

Die Pipetten werden auf ähnliche Weise angefertigt; man stellt zunächst eine Glasnadel her und bricht dann unter dem Mikroskop ihre Spitze ab, wodurch die feine, einige Mikra weite Mündung frei wird. Bis zu einer gewissen unteren Grenze (20 bis 30 μ) lassen sich die Mikropipetten durch den Mund betätigen (Mundpipetten mit Gummischlauch). Die Pipetten mit einer feineren Mündung (Zellpipetten) erfordern jedoch besondere Kräfte. Barber hat z. B. eine mit Quecksilber gefüllte Pipette gebraucht, die er mit dem hinteren Ende in eine Kältemischung eingetaucht und dann herausgehoben hat. Auf die Kälte Wirkung zog sich das Quecksilber zurück, es entstand ein Vakuum in der Pipette, das saugend wirkte. Beim Herausheben dehnte sich das Quecksilber wieder aus und förderte den eingesogenen Inhalt hinaus. Chambers bedient sich einer Injektionseinrichtung, die im wesentlichen aus einer mit Quecksilber gefüllten und mit einem Stöpsel ausgerüsteten Metallspritze und feinen an die Spitze anlegbaren Glaskanülen besteht. Durch Verschieben und Zurückziehen des Stöpsels wird die Pipette in Tätigkeit gesetzt. Ich verwende eine elektrisch heizbare Mikropipette (Fig. 5), die dieselbe Wirkung hat wie die Barbersche, mit dem Unterschied, daß die Temperaturschwankungen nicht durch eine Kältemischung, sondern mit einer elektrisch glühbaren und in das hintere Ende der Pipette eingeschmolzenen Platinschlinge hervorgerufen werden. Befestigt man luftdicht eine feine Glaskanüle an dem vorderen Ende der so ausgerüsteten Pipette und schaltet einen schwachen elektrischen Strom (2 Volt) ein, so glüht die Platinschlinge auf und die erwärmte Luft drückt die Flüssigkeit aus der

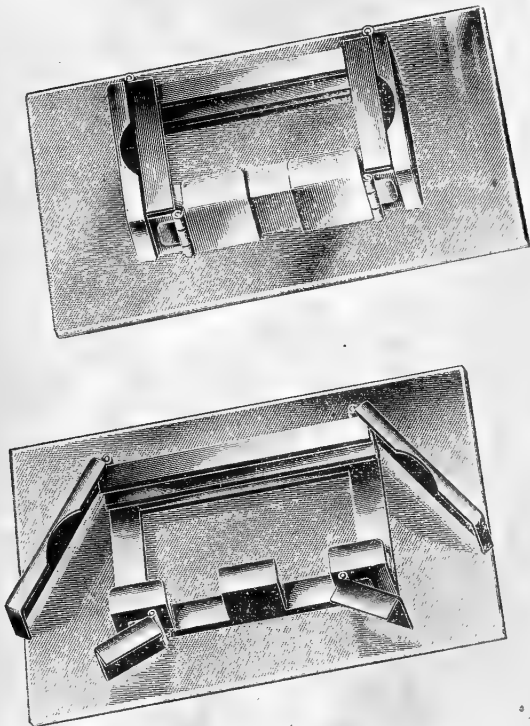


Fig. 3. Die Feuchtkammer.

die Einführung, Einstellung und das Wechseln der Instrumente durch die groben Schrauben viel rascher und bequemer erfolgen kann, als es bisher bei anderen Apparaten möglich war. Auch die Anwendung besonderer Nadelhalter gestaltet die Handhabung des Apparates einfacher und leichter. Es ist also zu hoffen, daß mit diesem Apparat die Methode eine allgemeinere Anwendung und Verbreitung erlangen wird, wobei die gleichzeitige Verwendung mehrerer Operationsstative auch für kompliziertere Eingriffe neue Möglichkeiten schafft.

Die einzelnen Manipulationen werden auch mit diesem Apparat im großen und ganzen nach den von Barber und Chambers vorgezeichneten Grundzügen ausgeführt. Man operiert unter dem Mikroskop in einem Hängetropfen, der am Deckglas einer Feuchtkammer hängt. Dem speziellen

Kanüle heraus. Unterbricht man den Strom, so kühlt sich die Pipette ab und wirkt saugend. Neben diesen üblichsten Feingeräten kann man auch noch aus geeigneten tierischen und pflanzlichen Bestandteilen, aus Haaren, Borsten, Schuppen, Mandibeln usw. Mikroinstrumente herstellen. Aus Schmetterlingsschuppen und einer Glasnadel wird z. B. der Mikrospatel so hergestellt, daß man unter der Linse die mit Canadabalsam bedeckte Nadelspitze auf eine am Deckglas liegende Schuppe aufdrückt. Der Spatel dient dann zur Überführung oder zum flachen Andrücken einzelner Zellen. Auch elektrische Mikroinstrumente wurden aus mit Leitungsdrähten ausgerüsteten Glasröhren hergestellt, wobei der wirksame Teil des Werkzeugs in einem $1\frac{1}{2}$ μ dicken Wollastondraht besteht. Da die Operationen fast immer im Hängetropfen von unten nach oben ausgeführt werden, müssen sämtliche Instrumente so geformt sein, daß ihr wirksamer Teil, d. h. die Spitze der Nadel, die

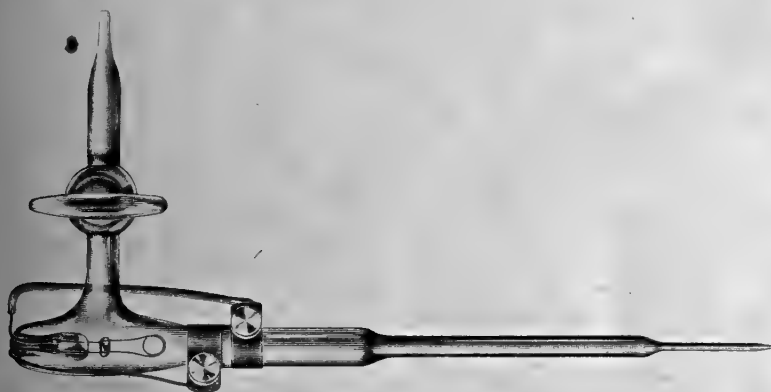


Fig. 5. Die elektrisch heizbare Feinpipette.

Schneide des Messerchens, die Mündung der Pipette usw. nach oben schaut. Dementsprechend biegt man das Endstück des Instruments oberhalb der Mikroflamme mit einer Metallnadel nach oben (Fig. 6).

Der allgemeine Gang einer Manipulation ist der folgende. Man legt feuchte Wattestreifen an die Wände der Feuchtkammer, füllt ihren Wasserbehälter mit der entsprechenden physiologischen Flüssigkeit und stellt sie auf den Kreutztisch des schon auf der Grundplatte befestigten Mikroskops. Man befestigt dann die nötigen Instrumente auf ihren Operationsstativen und führt sie mit diesen unter die Linse. Bei schwacher und starker Vergrößerung stellt man sie genau in die Mitte des Sehfeldes ein und senkt sie dann in dieser Lage möglichst tief in die Feuchtkammer hinein. Jetzt erst wird die Kammer mit dem Deckglas bedeckt, d. h. der Operationsgegenstand auf die Instrumente gestellt. Man sucht zunächst mit der Lupe den Gegenstand aus, entweder aus einer Reinkultur oder bei Gewebszellen aus einem Zupfpräparat und bringt ihn mit einer Pipette in

einem kleinen Tropfen auf das Deckglas. Auch Deckglaskulturen sind für das Verfahren gut geeignet. Das so vorbereitete Deckglas wird dann mit dem Objekt nach unten auf den oberen Rand der Feuchtkammer gelegt und dort mit einem bißchen Vaseline festgehalten. Mit dem Kreutztisch führt man das Objekt nun unter die Linse, stellt es scharf ein und hebt mit der entsprechenden Schraube das Instrument, bis es im Sehfeld erscheint. Jetzt kann man mit den übrigen Schrauben die Nadelspitze oder die Mündung der Pipette genauer zum Gegenstand führen, sie in die gewünschte Lage bringen und den vorgenommenen Eingriff ausführen. Bei der genauen Durchführung einer Manipulation ist es

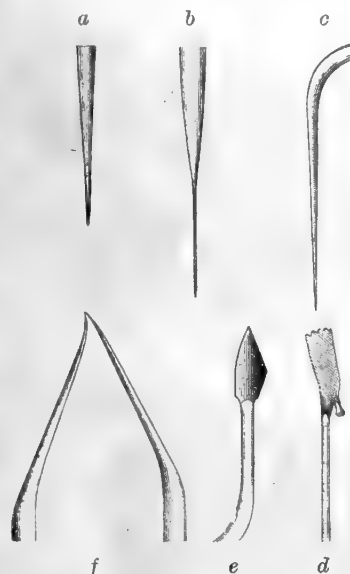


Fig. 6. Der wirksame Teil einiger Feingeräte nach Mikrophotographien bei etwa 190facher Vergrößerung. a: Spitze einer Stechnadel, b: Schneidenadel, c: stärkere Glasnadel, d: der Mikrospatel, e: Messerchen, f: Feinpipette.

eine selbstverständliche Bedingung, daß das Objekt unbeweglich ist. Alle Objekte, auch solche, die keine Eigenbewegung haben, sind im Hängetropfen schwebend und weichen, falls sie nicht in entsprechender Weise festgehalten werden, den Instrumenten aus. Bei den meisten Manipulationen fixiert man den Gegenstand durch Adhäsion an das Deckglas, indem man mit einer Mundpipette vom Hängetropfen so viel absaugt, daß die Zelle mit der Deckglasfläche in Berührung kommt und an dieser haftet. Die äußerst dünne Flüssigkeitsschicht aber, die eben noch ausreicht, die Zelle zu decken, kann selbst in der Feuchtkammer rasch austrocknen. Man muß daher bei dieser Versuchsanordnung die Operation möglichst schnell zu Ende führen, was oft kaum durchführbar ist. Um eine bequemere Arbeitsmöglichkeit zu schaffen, verfährt man also lieber so, daß man die Zelle zunächst durch Adhäsion immobilisiert, dann mit der Mikropinzette fixiert.

und gleich darauf mit der Mikropipette wieder einen Tropfen Flüssigkeit auf die Zelle bläst. Jetzt kann die Manipulation in diesem Tropfen bequem vor sich gehen, ohne das Austrocknen des Objektes befürchten zu müssen. Wie schon mehrmals erwähnt, lassen sich die Manipulationen bei jeder sonst gebräuchlichen Vergrößerung und auch mit den ganz starken apochromatischen Immersionslinsen ausführen. Nur die entsprechende Beleuchtung erfordert besondere Einrichtungen, da der Gegenstand etwa 10 mm höher liegt (so hoch ist die Feuchtkammer) als bei den üblichen mikroskopischen Untersuchungen und daher der gewöhnliche Kondensor nicht voll ausgenutzt werden kann. Bei schwachen und mittelstarken Vergrößerungen erhält man allerdings auch so und selbst ohne Kondensor, allein mit dem Hohlspiegel noch Licht genug. Zu stärkeren Vergrößerungen, zu Untersuchungen im Dunkelfeld und besonders bei photographischen Aufnahmen benötigt man aber eine volle Beleuchtung. Diese ist am besten mit den neuen, eben zum Zweck der Mikromanipulationen hergestellten Präparierkondensoren von Zeiß zu erreichen. Die Präparierkondensoren, die nach dem Typ der Wechselkondensoren von Siedentopf gebaut sind und sich sowohl zur Hell- wie zur Dunkelfeldbeleuchtung eignen, zeichnen sich durch ihre große, 10 mm oder $4\frac{1}{2}$ mm Schnittweite aus. Sie konzentrieren also das Licht eben in der Höhe, wo der Gegenstand liegt. Die Schnittweite von $4\frac{1}{2}$ mm ist hauptsächlich dafür bestimmt, auch bei den ganz starken Vergrößerungen ein einwandfreies Dunkelfeld erzielen zu können. Auch im Hellfeld erhält man aber schärfere und hellere Bilder, wenn man das Objekt näher zum Kondensor stellt. Das läßt sich bei meiner Feuchtkammer, wo in $4\frac{1}{2}$ mm Höhe aus der Wand der Kammer ein paar Leisten herausragen, auch ohne Schwierigkeit bewerkstelligen. Stellt man das Deckglas, statt auf den oberen Rand, auf diese Leisten, so kann man sowohl im Hell- wie im Dunkelfeld auch bei den stärksten Apochromaten ein einwandfrei beleuchtetes Bild erhalten.

Mit dem hier geschilderten Verfahren sind schon eine ganze Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen vorgenommen worden. Die Bahnbrecher Schöuten und Barber haben aus einzelnen Mikroorganismen Reinkulturen hergestellt. Barber hat auf diesem Wege den Vererbungsmechanismus bei Mikroorganismen verfolgt und den Teilungsrythmus bei verschiedenen Temperaturen, sowie das Verhalten einzelner in die Zelle eingimpfter Bakterien untersucht. Kite hat hauptsächlich die Permeabilität der Zellhäute mit diesen mikrurgischen Mitteln studiert. Er und Chambers waren die ersten, die mit Mikronadeln in die Zelle während der Teilung eingedrungen sind und an Chromosomen operiert haben. Chambers hat die Untersuchungen allein weitergeführt und hat mit seiner Nadel die Kon-

sistenz der einzelnen Zellbezirke bestimmt, wobei er dann für die Entstehung der Strahlung während der Zellteilung eine physikochemische Erklärung gefunden hat. So wie bei diesen Versuchen hat Chambers bei seinen meisten Untersuchungen die physikochemischen Eigenschaften des Protoplasmas festzustellen gesucht. So konnte er z. B. nachweisen, daß das Protoplasma der Amöben und verschiedener mariner Eizellen sowohl auf mechanische Reize wie auf Einwirkung von Alkalien hin einen mehr flüssigen Charakter annimmt, während Säureeinwirkung das Protoplasma eher erstarren läßt. Seifriz verwandte ebenfalls die Mikrurgie in physikochemischer Richtung, um die Viskosität des Protoplasmas und ihre Gesetzmäßigkeiten zu bestimmen. Wenn auch all diese Fragestellungen auf den ersten Blick vielleicht etwas bescheiden erscheinen, da sie ganz elementare kolloidchemische Erscheinungen in den Zellen behandeln, so muß man doch eben bedenken, daß man gerade diese elementaren Erscheinungen in den Zellen nie unmittelbar und systematisch geprüft hat und daß gerade diese elementaren kolloidchemischen Erscheinungen, wie die Viskosität und Elastizität des Protoplasmas, zunächst systematisch verfolgt und exakt definiert werden müssen, um der Zellbiologie statt rein hypothetischer und spekulativer Theorien exakt naturwissenschaftliche Grundlagen zu schaffen. In dieser Hinsicht bedeuten schon die bisherigen Arbeiten von Chambers und von Seifriz unzweifelhaft einen vielversprechenden Anfang. Auffallend spärlich sind dagegen die Untersuchungen über die Wirkung von Operationen auf die Zellen als Ganze. Der einzige Vertreter dieser Richtung ist bisher Ch. V. Taylor, der bei dem hypotrichen Infusor Euplotes den neuromotorischen Apparat mit Mikronadeln in verschiedener Richtung und Ausdehnung durchschnitten hat, um die darauf auftretenden Bewegungsstörungen festzustellen.

Ich selbst habe möglichst viele verschiedene Fragen mit meiner Technik untersucht, um ihre Leistungsfähigkeit zu prüfen. Es wurden Stylopychien und Paramäcien in bestimmten Richtungen durchgeschnitten, um die regulativen Vorgänge in der Zelle und die Beteiligung des Ekto- und Endoplasmas dabei festzustellen. Ein anderer Versuch, das Anstechen der roten Blutzellen, hat einerseits zu einer Versuchsanordnung geführt, bei der auch kleinste Zellen operativen Eingriffen zugänglich werden, andererseits aber hat er den eindeutigen Beweis gebracht, daß die Erythrozyten eine ganz feine Membran ohne Verstärkungsreifen und einen flüssigen Inhalt haben. Es wurde auch die Viskosität und Elastizität von Amöben und Epithelzellen untersucht sowie kleinste Mengen von Indikatoren und Vitalfarbstoffen direkt in die Zelle eingeführt. Um das Verfahren auch bei einer entwicklungsmechanischen Frage anzuwenden, wurden Versuche durchgeführt, bei denen der weibliche Vorkern aus dem befruchteten

Axolotlei herauspipettiert wurde. Es ist uns auch gelungen, all diese Mikromanipulationen mit Prof. *Siedentopf* zusammen mikrokineatographisch abzubilden, wodurch die Ergebnisse einer größeren Öffentlichkeit einwandfrei vorgeführt werden können (Fig. 7).

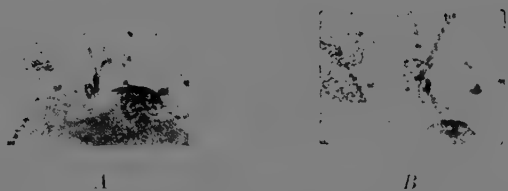


Fig. 7. Herauspräparieren eines kristallinen Einschlusses aus einer Epithelzelle der Axolotllarve. Mikrokineatographische Aufnahme. Vergrößerung etwa 1000fach. A: Einstellung der Feinnadel (links) und der Feinnadel (rechts) auf den Kristall. Die Feinnadel ist noch unscharf eingestellt und wirft daher einen doppelten Schatten. B: Entfernen des Kristalls mit der Nadelspitze aus der Zelle.

Wieweit ein neues technisches Verfahren zu neuen Erkenntnissen und zur weiteren Entwicklung der Wissenschaften helfen kann, ist schwer vorauszusagen. Jede brauchbare technische oder methodologische Neuerung kann allgemein in dreierlei Weise wirken. Bei einer Gruppe von Fragen wird sie vielleicht nur eine bequemere und raschere Arbeitsmöglichkeit bedeuten, ohne wesentlich neue Resultate zu bieten. Bei anderen, schon oft und vergeblich in Angriff genommenen Problemen kann sie eine Lösung herbeiführen, die mit den bisherigen Methoden nicht zu erzielen war. Drittens aber kann sie zu ganz neuen Fragestellungen führen, ganz neue Forschungsrichtungen schaffen und die allgemeine Auffassung über Naturerscheinungen in ganz neue Bahnen lenken. Auch die Mikirurgie, falls sie allgemeinere Verwendung findet, kann je nach den Fragen, auf die sie angewendet wird, entweder in dieser oder jener Weise wirken. Bei entwicklungsmechanischen Fragen wird sie sicherlich oft bloß als ein bequemeres Hilfsmittel in Betracht kommen. In der Zytologie und Histologie wie auch in der Bakteriologie und Serologie könnten wiederum mit ihrer Hilfe Fragen gelöst werden, die mit dem optischen Bilde allein nicht zu lösen sind. Je mehr man aber durch direktes Berühren und durch die unmittelbare Beeinflussung die lebende Zelle in ihren physikochemischen Eigenschaften kennen lernt, um so zahlreicher tauchen dann neue Gesichtspunkte, neue Fragestellungen auf, die sicherlich in mancher Beziehung zu ganz neuen Vorstellungen über die in der Zelle und auf die Zelle wirkenden Kräfte, über die Bedeutung der an fixierten und gefärbten Präparaten entdeckten Zellstrukturen und über den ganzen Mechanismus des Zellebens führen werden.

Der Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste.

Von Otto Baschin, Berlin.

Bei der Betrachtung von tektonischen Bewegungen der festen Erdkruste, die sich in Spaltenbildungen, Senkungen, Hebungen, Aufwölbungen, Faltungen, Überschiebungen und sonstigen Änderungen des Reliefs der Erdoberfläche äußern, haben die Geologen und Geographen es für angezeigt gehalten, die gewaltige Energie, welche der Drehbewegung des Erdkörpers um seine Achse innewohnt, völlig zu vernachlässigen. Eine mündliche Bemerkung des Barons *R. von Eötvös* in der dritten Sitzung der 17. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung am 21. September 1912 ist nicht lange lang unbeachtet geblieben. Wie aus der nachher zu besprechenden Arbeit von *Wladimir Köppen* hervorgeht, hat erst *Ernst Rokitnicki* auf diese, an versteckter Stelle veröffentlichte Notiz aufmerksam gemacht. Es handelte sich damals um eine Erörterung der Hypothese von *Alfred Wegener* über die Verschiebung der Kontinente, welche von diesen als lebhafte Schollen der Erdkruste aufgefaßt werden, die auf dem schwereren Magma der Tiefe schwimmen und daher Verschiebungen gegeneinander erleiden können. Bei dem Meinungsaustausch über die Frage, welche Kräfte imstande seien, systematische Bewegungen der Erdkruste hervorzubringen, erinnerte *Eötvös* daran, „daß die Richtung der Verrückung in der Meridianebene gekrümmt ist, die Kontinente Seite dem Pol zugewendet, und daß der Schwerpunkt eines schwimmenden Körpers höher liegt als der Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeitsmasse. Hieraus geht hervor, daß der schwimmende Körper der Wirkung zweier, in verschiedener Richtung wirkender Kräfte unterworfen ist, deren Resultante vom Pol nach dem Äquator gerichtet ist. Bei den Kontinenten wurde also eine Neigung vorherrschen, sich nach dem Äquator hin zu bewegen“¹⁾. Diese Bemerkung des hervorragenden ungarischen Geophysikers stellt meines Wissens den ersten Versuch dar, die als Folge der Erdrotation auftretende Zentrifugalkraft bei der Bewegung von Teilen der festen Erdkruste zu berücksichtigen. Im Jahre 1921 hat dann *W. Köppen* beim Forschen nach den Ursachen der Kontinentverschiebungen diese, von ihm so genannte „Polflucht“ der Kontinentalschollen näher untersucht und erläutert²⁾. Sein Gedankengang ist der folgende:

Die Schwere, die wir in Wirklichkeit an der

1) Verhandlungen der vom 17. bis zum 27. September 1912 in Hamburg abgehaltenen siebzehnten Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, Berlin 1913, I. Teil, S. 111.

2) Ursachen und Wirkungen der Kontinentverschiebungen und Polwanderungen. Von *Wladimir Köppen*, Petermanns Mitteilungen, Gotha 1921, 67. Jahrgang, S. 145—149, 191—194.

Erdoberfläche beobachten, und die der direkten Messung zugänglich ist, stellt die Resultierende zweier Kräfte von verschiedener Richtung dar, nämlich der nach dem Erdmittelpunkte gerichteten Anziehung der Erdmasse und der Zentrifugalkraft der Erdrotation, welche letztere senkrecht zur Erdachse nach außen gerichtet ist und jene bekannte Anschwellung des Erdkörpers am Äquator, beziehungsweise in niederen Breiten bewirkt, die ihrerseits eine Abplattung an den Polen zur notwendigen Folge hat. Die Abplattung muß demnach um so größer sein, je größer die Zentrifugalkraft im Verhältnis zur Anziehungskraft ist. In den äußeren Teilen der Erdkruste nimmt nun die Anziehung mit der Tiefe zu, die Zentrifugalkraft jedoch ab, da diese ja mit der Annäherung an die Rotationsachse naturgemäß geringer werden muß. Die Abplattung der Niveauflächen (d. h. der Flächen gleichen Schwerepotentials, welche überall senkrecht zur Richtung der Schwerkraft verlaufen) nimmt demnach mit der Tiefe ab, nach oben hin jedoch zu. Dies bedeutet man, daß die Niveauflächen nicht parallel zueinander liegen, wie es bei einer ruhenden kugelförmigen Erde der Fall sein würde, sondern daß sie eine geringe Neigung gegeneinander besitzen müssen, da der Abstand solcher Äquipotentialflächen beim Äquator am größten, bei den Polen dagegen am kleinsten ist.

„Nun liegt ja der Angriffspunkt des Auftriebes eines schwimmenden Körpers im Schwerpunkt des verdrängten Mediums, der seines Gewichts dagegen in seinem eigenen Schwerpunkt, und die Richtung beider Kräfte ist rechtwinklig zur Niveaufläche des betreffenden Punktes; ihre Richtungen sind also nicht entgegengesetzt, sondern geben eine kleine Resultierende, die, wenn der Auftriebspunkt unter dem Schwerpunkt liegt, zum Äquator gerichtet ist. Beide Kräfte sind, da auch der Schwerpunkt der Scholle weit unter der Oberfläche der Scholle liegt, nicht senkrecht zum Horizont ihrer Oberfläche, sondern etwas in dieser Richtung geneigt, der Auftrieb aber mehr als das Gewicht der Scholle. Diese Sätze müssen für jeden Schwimmkörper gelten, dessen Schwerpunkt über dem Auftriebspunkt liegt, und ebenso müssen die Kräfte eine Resultierende zum Pol hin haben, wenn dessen Schwerpunkt unter dem Auftriebspunkt liegt; das Archimedische Prinzip ist auf der rotierenden Erde nur dann streng richtig, wenn beide Punkte zusammenfallen....

Die geschilderten Unterschiede in der Abplattung der Niveauflächen wirken gleichmäßig und fortdauernd auf die ganzen Kontinentalblöcke und ihre Teile, in mittleren Breiten am stärksten. Eine Berechnung ihrer Wirkung ist wohl noch nicht möglich, namentlich weil wir den Betrag der Reibung nicht kennen, der der Bewegung entgegensteht. Tritt aber auch nur die langsamste Bewegung ein, so bekommen, da die Kraft dauernd wirkt und die bewegten Massen ungeheuer groß sind, diese eine Wucht, gegen die

alle Vorgänge der Gebirgsbildung Kleinigkeiten sind. Wir erhalten also eine zum Äquator treibende Kraft, die wir der Kürze wegen als *Polflucht* der Kontinentalschollen bezeichnen wollen.“

Alle jene Überlegungen beziehen sich jedoch, wie aus den angeführten Stellen hervorgeht, ausschließlich auf schwimmende Körper und haben zur Voraussetzung, daß für Teile der festen Erdkruste der Zustand des hydrostatischen Schwimmens besteht.

Aber auch wenn man von dieser Annahme absieht, läßt sich leicht nachweisen, daß noch andere Verhältnisse denkbar sind, unter denen die Erdrotation tektonische Bewegungen beeinflussen muß. *Mit jeder Hebung oder Senkung in vertikaler Richtung ist nämlich eine Veränderung der absoluten Rotationsgeschwindigkeit verbunden, die bisher meines Wissens in der Geotektonik nie berücksichtigt worden ist.* Jede Hebung bringt naturgemäß die betreffende Erdscholle in eine Region, die eine größere Umdrehungsgeschwindigkeit besitzt, als diejenige war, welche der Scholle bis dahin inne wohnte. Letztere muß daher zunächst, bis sie ihre Geschwindigkeit der höheren Lage angepaßt hat, eine ostwärts gerichtete Beschleunigung erfahren, auf ihre neue Umgebung demnach einen nach Westen gerichteten Druck ausüben. Umgekehrt gelangt eine sinkende Scholle in eine Umgebung von geringerer Rotationsgeschwindigkeit, wird daher eine Verzögerung ihrer Ostwärtsbewegung erleiden und daher einen Druck nach Osten auf die Nachbarteile ausüben. Allerdings dürfte es sich im allgemeinen nur um geringfügige Änderungen der Geschwindigkeiten handeln. Da jedoch die Massen sehr groß sind und die Kräfte mindestens während der ganzen Dauer der Dislokationsbewegung wirksam sind, so scheint es mir nicht statthaft zu sein, die aus der Geschwindigkeitsänderung resultierende Wirkung ganz zu vernachlässigen.

Diese Wirkungen können sich auch noch in anderer Art äußern und in verschiedenster Weise kombinieren. Eine ruhende Scholle z. B., die zwischen einer östlichen Hebungsscholle und einer westlichen Senkungsscholle gelegen ist, wird in ost-westlicher Richtung zusammengepreßt werden, während bei östlicher Lage des Senkungsgebietes und westlicher des Hebungsgebietes eine Raumerweiterung erfolgen wird. Im ersteren Falle kann es zur Auffaltung, im letzteren zur Bruchbildung kommen.

Eine andere Variation würde eintreten, wenn eine einzige zusammenhängende Scholle schräggestellt wird. Hebt sich der Ostflügel, während der Westflügel der gleichen Scholle sich senkt, so tritt am Ostflügel eine Beschleunigung nach Osten, am Westflügel eine solche nach Westen hinzu, was bedeutet, daß die Scholle eine Zerrung in west-östlicher Richtung erleidet. Als Folgeerscheinung darf man Bruchbildung annehmen,

doch ist es auch denkbar, daß die Zerrung eine Rückkehr in die ursprüngliche horizontale Lage bewirkt. Erfolgt jedoch die Kippbewegung in entgegengesetzter Richtung, indem der Ostflügel sich senkt und der Westflügel sich hebt, so erhält der erstere eine westwärts, der letztere eine ostwärts gerichtete Beschleunigung, es tritt also ein von beiden Seiten her wirkender Schub auf. Dieser kann eine Auffaltung, aber auch eine weitere Zunahme der Schrägstellung bis zur völligen vertikalen Aufrichtung der Scholle zur Folge haben.

Erfolgt die Kippbewegung in nord-südlicher Richtung, so wird nunmehr eine Drehbewegung resultieren, da wiederum der gehobene Flügel eine Beschleunigung nach Osten, der gesunkene eine solche nach Westen erfährt. Manche Torsionswirkungen in der Erdkruste könnten sich vielleicht auf diese Weise erklären lassen.

Selbstverständlich sind noch andere Kombinationen und Übergänge möglich, die jedoch im einzelnen nicht beschrieben zu werden brauchen, da nach den obigen Ausführungen jeder selbst leicht imstande sein wird, sie aufzustellen und ihre Wirkungen abzuleiten. Jedenfalls gibt eine Berücksichtigung der Erdrotation die Möglichkeit, wohl die meisten Dislokationsvorgänge der Erdkruste in einem neuen Lichte erscheinen zu lassen.

Die Größe der hier auftretenden Kräfte zu berechnen dürfte eine dankbare Aufgabe für Geophysiker sein, und der geologischen und geomorphologischen Einzelforschung wird es obliegen, festzustellen, ob die zweifellos auftretenden Wirkungen sich an zugänglichen Teilen der Erdkruste nachweisen lassen.

Eine Niederschrift des Chemikers J. W. Döbereiner für Goethe und die Großherzogin Maria Paulowna.

Von Julius Schiff, Breslau.

Als Schöpfer des modernen chemischen Hochschulinunterrichts ist *Justus von Liebig* anerkannt. Aber er steht nicht in einsamer Größe da, sondern in gleichem Sinne und unabhängig von ihm waren verschiedene seiner Zeitgenossen tätig, unter ihnen *Döbereiner*, von 1810—1849 Professor der Chemie in Jena, ein von begeisterter Liebe für seine Wissenschaft erfüllter Forscher, gleichzeitig ein Mensch von idealer Gesinnung, der es als das höchste Glück seines Lebens betrachtet hat, daß er den großen Männern von Weimar, vor allem *Goethe* und *Karl August*, nahetreten durfte¹⁾. Zwar litt er zeit- lebens schwer unter den ungünstigen Gehaltsverhältnissen der kleinstaatlichen Universität, aber

dennoch lehnte er fünf vorteilhafte Berufungen ab, um den beiden hochverehrten Männern, die ihm die wissenschaftliche Laufbahn eröffnet hatten, die Treue zu wahren. Mehr noch als die persönliche Not bedrückte ihn der Mangel an Mitteln für seine Forschungen und für seinen Unterricht. Wohl suchte Goethe, der als Chef der „Oberaufsicht“ sein unmittelbarer Vorgesetzter war, auf alle Art zu helfen, aber er war nicht immer hierzu imstande. Auch *Karl August* versagte trotz des besten Willens oft, und noch viel mehr war dies bei den anderen „Nutritoren“ der Hochschule der Fall. Immerhin erreichte es *Döbereiner*, daß ihm 1816 ein schöner „Experimentiersaal“ als Privatlaboratorium erbaut wurde, aber für seine Unterrichtszwecke mußte er nach wie vor einige kleine und ungeeignete Räume im großherzoglichen Schlosse benutzen. Besonders dringend empfand er diesen Mangel sowie das Fehlen der nötigen Geräte, als sich zu Beginn des Wintersemesters 1828/29 für seine praktischen Übungen, die damals nur an wenigen Universitäten ihresgleichen hatten, eine verhältnismäßig große Zahl von Studierenden, nämlich zwanzig, anmeldeten. *Goethe*, der, wie immer, hilfsbereit war, wandte sich, da *Karl August* seit kurzem nicht mehr unter den Lebenden weilte, an seine hohe Gönnerin, die nunmehr „regierende Frau Großherzogin“ *Maria Paulowna*. Diese, die als russische Großfürstin über bedeutende Mittel verfügte, hatte schon früher *Döbereiner* mehrfach freigebig — beispielsweise mit Material für seine berühmten Platinuntersuchungen — unterstützt. Auch dieses Mal war sie rasch bereit, und nach wenigen Tagen meldete *Goethe* dem Forscher, daß „Ihre Kaiserliche Hoheit . . . 200 Taler zugunsten der chemischen Anstalt zu Jena gnädigst bestimmt haben“. Rasch wurde nun, wie die noch vorhandene Abrechnung ergibt, das Inventar des „Großherzoglich chemischen Laboratoriums“ durch Anschaffung von Experimentiertischen, Stühlen, Glasgeräten, Schmelztiegeln usw. ergänzt, und die Studierenden konnten allenfalls arbeiten. Aber so dankbar *Döbereiner* dies auch empfand, im Interesse der Sache blieb er bei seinem „ceterum censeo“, daß der Neubau eines Laboratoriums für reine wie technische Chemie notwendig sei. So legte er in einem kurzen „Vortrag“ zugleich mit seinem Dank seine Wünsche sachlicher und persönlicher Art noch einmal dar und übergab diesen am 6. Februar 1829 *Goethe* zur Übermittlung an die hohe Frau. Die Niederschrift ist im *Goethe- und Schiller-Archiv* zu Weimar verwahrt und ist sowohl für die Persönlichkeit des ausgezeichneten Forschers wie für seine Beziehungen zu seinem „Chef“ und zum Weimarer Fürstenhaus in hohem Maße charakteristisch. Sie soll daher aus dem Dunkel der „Separat-Akten, Unterstützung der chemischen Studien“ ans Tageslicht gezogen und — wozu die Direktion des Archivs gütigerweise die Genehmigung erteilt hat — im folgenden veröffentlicht werden. Sie lautet:

¹⁾ Vgl. über ihn die Einleitung zu „Briefwechsel zwischen Goethe und J. W. Döbereiner, herausgegeben und erläutert von Julius Schiff, Weimar 1914“, und „Briefe des Großherzogs Carl August und Goethes an Döbereiner, herausgegeben von Oskar Schade, Weimar 1856“.

„So wie man sich früher des Compasses und des Schießpulvers, der würdigsten Repräsentanten der Mechanik und der Chemie jener Zeit, bediente, um entfernte Länder zu entdecken, zu erobern und nach gewonnenem Besitze, zu behaupten, so wendet man jetzt diese beiden Wissenschaften in ihrem ganzen Umfange an, um überall, in der alten wie in der neuen Welt, die Natur näher zu erforschen, die noch unbenutzten materiellen Gegenstände derselben für das physische Leben der Menschen brauchbar und nützlich zu machen, die technische Thätigkeit zu vermehren, die bestehenden Künste und Gewerbe zu verbessern und auf dem ganzen Erdenrunde ein reges und heiteres Leben, physisches, moralisches und politisches Wohl zu verbreiten.

Dieser allgemeinen Tendenz entsprechend, ist jetzt das Wirken des wahrhaft humanen Chemikers. Derselbe beschränkt sich nicht mehr einzig auf speculative Betrachtungen der Natur und ihrer Einzelheiten oder, wenn er Docent ist, auf bloße Befriedigung des nach höherer Ausbildung strebenden Geistes seiner Zuhörer, sondern er ist bemüht, die auf wissenschaftlichem Wege gewonnenen Erfahrungen allgemein nützlich zu machen, die Resultate seiner Forschungen zu popularisiren und seine Zuhörer oder Schüler mit den Methoden bekannt zu machen, welche zur Entdeckung der chemischen Wahrheiten geführt haben und bei fortgesetzten oder neuen Untersuchungen zu befolgen sind. Ich strebe nach dem Ruhme eines solchen Chemikers. — aber nicht aus Eitelkeit —, sondern weil mir das Wohl aller Menschen am Herzen liegt. Und ich bin dieses Streben noch den Manen des unvergeßlichen Fürsten schuldig, dem ich 18 Jahre lang anzugehören das Glück hatte. Möge daher die allverehrte, von jedem getreuen Unterthan angebetete Fürstin, die regierende durchlauchtigste Frau Großherzogin, allergnädigst geruhen, von mir die heilige Versicherung anzunehmen, daß ich jegliche der huldvollen Gaben, die Sie der chemischen Anstalt zu verleihen geneigt seyn möchte, dem Leben und der Wissenschaft widmen wolle.

Die von Kaiserlich-Königlicher Hoheit jüngst allergnädigst verliehenen 200 Rth. sind theils zu Wiederherstellung dessen, was durch langen Gebrauch in Abgang gekommen, theils zur Anschaffung von Geräthen und Gegenständen verwendet worden, welche in einem dem praktischen Studio der Chemie gewidmeten Laboratorium nicht fehlen dürfen. Es konnte aber damit erst für die nothwendigsten und kleinsten Bedürfnisse gesorgt werden. Das größte Bedürfnis für eine Universität wie Jena ist: ein mit einem geräumigen Auditorio, 2 kleinen Zimmern und einem Keller versehenes Laboratorium in einem besonderen isolirt stehenden Gebäude, wofür die Landstände mit ihren pekuniären Mitteln sorgen sollten. Die Einrichtung eines für das Studium aller Zweige der Chemie geeigneten Laboratoriums könnte von der Art seyn, wie solche das Laboratorium der Royal-Institution in London hat und welche in der anliegenden Kupfertafel dargestellt und in den beigelegten Blättern beschrieben ist²⁾.

Ich habe noch andere Wünsche, doch wage ich nicht, sie auszusprechen, weil ich fürchte, daß ich unabsichtlich erscheinen möchte: nur einen derselben kann ich nicht unausgesprochen lassen, nämlich den, daß mir bei meiner lehramtlichen und anderweiten wissenschaftlichen Thätigkeit eine etwas sorgenfreihere Lage gegönnt seyn möchte. Ich glaube, daß ein Mann, der 24 Jahre lang nicht ohne Erfolg für die Wissenschaft thätig gewesen und dem, bei dieser Thätigkeit, der Tod so oft ins Auge gesehen, diese verdient. Doch möchte ich diesen Wunsch nicht vor den Allerhöchsten Herrschaften in Weimar — denn diese haben mir bereits mehr Wohlthaten gezeigt, als ich je um Sie verdient — sondern nur vor den Durchlauchtigsten Connutritoren der Universität laut werden lassen, und ich vertraue ihm dem allgeheierten großen Manne an, den ich meinen Chef, meinen Gönner, meinen Wohlthäter nennen zu dürfen das Glück habe.

J. W. Döbereiner.

Ein Nachwort zu diesem Schriftstück, das man wohl als Seitenstück zu *Justus von Liebig's* berühmten Reden über den Zustand der Chemie in Deutschland bezeichnen könnte, erübrigt sich wohl. Es sei nur hinzugefügt, daß *Goethe* seither diese „bedeutende Angelegenheit“ noch kräftiger als früher — sogar durch Anfertigung von „Riß und Anschlag“ für den Neubau (vgl. seinen Brief an *Döbereiner* vom 4. März 1829) — förderte. Dank diesen Bemühungen und der weiteren Unterstützung durch die verständnisvolle Fürstin konnte *Döbereiner* tatsächlich etwa drei Jahre später, kurz nach dem Heimgang seines großen Chefs, in das neue, zweckmäßig ausgestattete Laboratorium mit seinen Schülern einziehen.

Besprechungen.

Paschen, F., und R. Götze, Seriengesetze der Linienspektren. Berlin, Julius Springer, 1922. IV, 154 S. Geb. Grundzahl 11.

Wohl selten ist das Erscheinen eines Buches so dringend gewünscht und so freudig begrüßt worden, wie es bei dem oben bezeichneten der Fall ist. Allerdings ist der Kreis derer, die diesen Wunsch empfanden, und für die dieses Buch nun einen notwendigen Bestandteil ihrer Arbeitsbibliothek bilden wird, ein eng umgrenzter, nämlich der Kreis der Forscher, die sich streng wissenschaftlich mit spektroskopischen Fragen beschäftigen. Wenn wir trotzdem das Buch, welches nicht einmal ein Buch zum Lesen ist — es besteht nämlich zu beinahe 90 % aus Zahlentabellen —, in dieser Zeitschrift besprechen, so geschieht es aus dem Grunde, weil alle spektroskopischen Fragen gleichzeitig Fragen des Atombaues sind und damit heutzutage nicht nur in den Vordergrund des rein physikalischen, sondern auch des allgemein naturwissenschaftlichen Interesses gerückt sind.

Sommerfeld hat in dem Vorwort zu seinem bekannten Buche „Atombau und Spektrallinien“ die Spektren die Sprache der Atome genannt. Wenn es gestattet ist, diesen Vergleich etwas zu spezialisieren, so wird man das Buch von *Paschen* und *Götze* etwa die Syntax der Atomsprache nennen können. So wie sich die Syntax mit dem Satzbau einer Sprache beschäftigt, so geben die Seriengesetze an, wie die einzelnen Spektrallinien — den Worten der Sprache vergleichbar — sich zu verschiedenen Sätzen zusammenfügen, wobei gerade die Gesetzmäßigkeiten zum Ausdruck kommen, die erst den Sinn der Atomsprache zu erfassen gestatten. Der bisherige Zustand war nur der, daß es zwar eine zusammenfassende Darstellung dieser Atomsyntax gab, aber erstens stammte dieselbe aus dem Jahre 1911 und enthielt infolgedessen nur das Material, das bis dahin bekannt war, zweitens aber, und darin lag ein viel größerer Übelstand, war das Büchlein, das diese wichtige Weisheit enthielt, seit einer Reihe von Jahren vollständig vergriffen. Die Schrift, von der wir reden, ist die unter Anleitung von *Paschen* erschienene Dissertation von *Berthold Dunz*. Im Kreise der Physiker wird manche lustige Geschichte erzählt von der mehr oder weniger erfolgreichen Jagd nach dem „Dunz“, und wer glücklich in den Besitz dieses kostbaren Buches gekommen war, der hütete es sorgsam wie seinen Augapfel. Diesem Übelstande ist nun durch das Erscheinen des Buches von *Paschen* und *Götze* abgeholfen, und zwar so radikal, daß alle Wünsche befriedigt sein dürften. Das gesamte über die Serien-

²⁾ Tafel und Blätter sind noch vorhanden.

gesetze der Linienspektren bisher bekannte Tatsachen- und Zahlenmaterial liegt nunmehr kritisch bearbeitet und übersichtlich geordnet vor, fertig zum Gebrauch sowohl für den praktischen Spektroskopiker wie auch für den Theoretiker. Alle diejenigen, denen damit ein langjähriger Wunsch erfüllt ist, werden Herrn *Paschen* und seinen Mitarbeitern, von denen außer *R. Götze* noch *F. Frommel* zu nennen ist, Dank wissen, daß sie sich der Mühe unterzogen haben, das gewaltige Zahlenmaterial zu bearbeiten und zusammenzustellen.

Ein Beweis dafür, daß auch im Auslande der Mangel einer solchen zusammenfassenden Bearbeitung der Seriengesetze stark empfunden wurde, ist die Tatsache, daß vor kurzer Zeit auch in England zwei Bücher erschienen sind, die sich mit den Seriengesetzen beschäftigen. Das erste ist: *Report on series in line spectra* von *F. Fowler*, das zweite: *Treatise on the analysis of spectra* von *W. M. Hicks*. Von diesen beiden Büchern ist nur das erste dem Referenten zugänglich. Es ist in Inhalt und Form durchaus äquivalent dem Buche von *Paschen* und *Götze*, übertrifft dasselbe aber an Umfang erheblich, was in der Hauptsache eine Folge der viel ausgedehnteren Einleitung, teilweise auch des umfangreicheren Materials ist. *Paschen* selbst möchte sein Buch diesem ausführlicheren gegenüber nur als kurzes Kompendium aufgefaßt wissen, was aber wohl eine zu bescheidene Auffassung der Sachlage bedeutet. Das deutsche Buch kann sich durchaus neben seinem englischen Bruder sehen lassen. Wenn letzteres etwas mehr bringt an Material über die Serien, das, in ausländischen Zeitschriften niedergelegt, *Paschen* nicht zugänglich war, so findet sich andererseits in dem deutschen Buche das hochinteressante Material über die Liniengruppen, deren quantentheoretische Deutung gelungen ist im engsten Zusammenhange mit der, speziell von *Paschen* und seinen Mitarbeitern wesentlich geförderten Untersuchung des Zeemaneffektes. Überhaupt ist der Zusammenhang mit den Ergebnissen der Quantentheorie bei *Paschen* ein viel engerer als bei *Fowler*.

Wenn wir weiter auf den Inhalt des *Paschenschen* Buches etwas näher eingehen, so ist zunächst die von *Paschen* selbst verfaßte kurze Einleitung von etwa 20 Druckseiten zu erwähnen. Sie enthält eine Einführung in die Terminologie der Seriengesetze, in die Praxis der Serienberechnung und in die Deutung der Seriengesetze vom Standpunkt der Bohrschen Atomtheorie. Mit dieser Einleitung ist *Paschen* einem mehrfach geäußerten Wunsche nachgekommen. Sie ist besonders zu begrüßen, weil hier die *Paschensche* Terminologie der Seriengesetze eine klare Darstellung erfährt. Auf dem Gebiete der Terminologie hat nämlich zeitweilig eine heillose Verwirrung geherrscht, dadurch verursacht, daß es vor etwa 10—20 Jahren jeder Spektroskopiker, der sich mit den Seriengesetzen beschäftigte, für nötig fand, seine eigene Terminologie einzuführen. Diese Terminologien waren teilweise so „symbolisch“, daß der weniger Eingeweihte meinen konnte, es mit einer besonderen Geheimsprache zu tun zu haben. Man lese nur die entsprechenden Kapitel aus dem Buche von *Könen* „Das Leuchten der Gase und Dämpfe“, um sich ein Bild von der Fülle der im Branch befindlichen Zeichen zu machen. Erfreulicherweise haben sich im Laufe des letzten Jahrzehnts die von *Paschen* eingeführten Bezeichnungen auch international mit geringfügigen Abweichungen immer mehr eingebürgert, so daß die Gefahr einer babylonischen Sprachverwirrung heute als überwunden gelten kann. Auf Einzelfragen der Terminologie hier einzugehen, würde

zu weit führen. *Paschen* hat sich in einigen Punkten, z. B. in der Bezeichnung der Bergmansterme, dem englisch-amerikanischen Brauch angeschlossen. Als leitenden Gesichtspunkt in allen Fragen der reinen Terminologie wird man die Einheitlichkeit der Bezeichnung betrachten müssen und deshalb eine einmal üblich gewordene Bezeichnung beibehalten, auch wenn sie nicht völlig ideal ist. Bei der Terminologie der Seriengesetze liegt die Sache so, daß auch die jetzt übliche Bezeichnung in nicht allzuferner Zeit wieder ersetzt werden müssen durch eine solche, die durch die quantentheoretische Deutung dieser Gesetze zwangsweise vorgeschrieben ist. Man wird aber mit der Einführung dieser neuen Terminologie, deren Notwendigkeit schon jetzt stark in Erscheinung tritt, zweckmäßig so lange warten, bis die quantentheoretische Deutung der Seriengesetze, speziell die Zuordnung der Quantenzahlen zu den Termen, so sichergestellt ist, daß weitere Änderungen nicht mehr zu befürchten sind.

Der Einleitung folgen dann die Tabellen mit Angabe der Wellenlängen und Wellenzahlen der Serienlinien sowie der Werte der aus den Serien berechneten Terme für die einzelnen Elemente. Diese sind in bei geordnet nach den durch das periodische System gegebenen Gesichtspunkten. Für jedes Element ist die Literatur besonders angegeben. Die Reihenfolge der Serien ist im allgemeinen: Hauptserien, Nebenserien, Übergangsserien; zum Schluß folgen die Kombinationen. Dort, wo in den Funkenspektren Serien bekannt sind, werden sie hinter den Bogenstrich mit geteilt. Die Wellenlängen sind im allgemeinen noch in *Roodlands* Einheiten angegeben und nur dort in internationalen Einheiten, wo genügend neue Messungen vorlagen. Dies ist ein Punkt, in dem man dem *Fowlerschen* Buche entschieden eine gewisse Überlegenheit zuerkennen muß, da dort sämtliche Wellenlängen einheitlich in internationalen Einheiten angegeben sind. Was nun die Serien selbst betrifft, so ist erfreulicherweise eine weitgehende Übereinstimmung in den Angaben von *Fowler* und *Paschen* festzustellen. Dieselbe ist natürlich vollständig dort, wo sich beide Autoren auf dasselbe Material stützen. Dort, wo verschiedene Berechnungen zugrunde liegen, überlegen die Abweichungen der Terme selten zu mehr als drei Einheiten der vierten Dezimale. Diese Übereinstimmung kann als sehr gut bezeichnet werden und bildet eine feste Stütze für die Richtigkeit der Serienbeziehungen. Im Schluß des *Paschenschen* Buches sind die sämtlichen Terme und die Differenzen zueinander folgender Terme der Größe nach in übersichtlichen Tabellen geordnet, nochmals zusammengestellt, dann folgt eine Tabelle, die bei der Praxis der Serienberechnung mit Nutzen zu verwenden ist, und zum Schluß kommt eine von *E. F. Back* gesammelte Tabelle der experimentell festgelegten Zeemanentspaltungen der Serienlinien. In dieser Tabelle kommt der enge Zusammenhang zum Ausdruck, der zwischen der Serieneinordnung einer Linie und ihrem Zeemaneffekt besteht. Das von *Paschen* und *Back* gesammelte experimentelle Material über den Zeemaneffekt hat bekanntlich *Landé* die Unterlage gegeben zur Aufstellung seiner Regeln über die Aufspaltung der Serienlinien im Magnetfeld, Regeln, die es gestatten, für jede Serienlinie, sobald ihre Einordnung in das Serienschema bekannt ist, den Zeemaneffekt vorauszusagen. Der bei einer Linie beobachtete Zeemaneffekt ist also andererseits auch ein zwingendes Kriterium für die richtige oder falsche Einordnung einer Linie in das Seriensystem. Man zieht hieraus, wie eng Serieneinordnung und Zeemaneffekt

einer Linie miteinander verknüpft sind. Man darf erwarten, daß bei der Erforschung bisher unbekannter Serienbeziehungen dieser Zusammenhang weiterhin eine wichtige Rolle spielen wird.

Für den Theoretiker bildet das in dem Paschenschen Buche niedergelegte Material die Grundlage für alle Berechnungen, die sich mit dem Bau der Atome beschäftigen. Sämtliche dort angegebenen Terme sind ja die Energien von Elektronenbahnen, die berechnet sein wollen. Da wir die Form dieser Bahnen bisher nur beim Wasserstoff und bei ionisiertem Helium wirklich kennen und berechnen können, so erhellt daraus, welche Fülle von Arbeit von theoretischer Seite noch zu leisten ist, um dies Material wirklich atomtheoretisch zu verarbeiten. Bedenken wir schließlich, daß die in Paschens Buche enthaltenen Seriengesetze nur einen kleinen Teil dessen bilden, was in den gesamten Spektren enthalten ist, und daß gerade die äußerst linienreichen Spektren heutzutage noch fast völlig unentwirrt sind, so hat man das beruhigende Gefühl, daß hier noch für Generationen Arbeitsstoff vorhanden ist.

Fortschritte sind, wie gerade die Entwicklung in der letzten Zeit gezeigt hat, nur zu erwarten bei engster Zusammenarbeit zwischen den experimentellen Spektroskopikern und den theoretischen Physikern. Auch in diesem Sinne ist das Buch von Paschen und Götze seiner ganzen Anlage nach vorbildlich.

Zum Schluß möchten wir nicht unerwähnt lassen, daß der Verlag von J. Springer dem Buche eine vornehme und gediegene Ausstattung gegeben hat.

W. Grotrian, Berlin-Potsdam.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 20. November hielt Dr. Friedrich Leyden (Berlin) einen Vortrag über **Die Siedelungen Flanderns**, wobei er nicht den historischen Begriff, die alte Grafschaft Flandern, im Auge hat, sondern das Land der Flamen, d. h. den nördlichen Teil Belgiens sowie einen Teil Nordfrankreichs in der Gegend von Dünkirchen. Das Gebiet hat etwa die Größe von Baden, dagegen eine Einwohnerzahl, die derjenigen von Baden und Württemberg gleichkommt, so daß sich eine hohe Volksdichte von weit über 300 Menschen auf das Quadratkilometer ergibt. Das Gebiet ist größtenteils Tiefland und bildet den südlichen Teil der eigentlichen Niederlande. Es wird durch Flüsse gegliedert, die fächerförmig dem Scheldeknäe oberhalb Antwerpens zustreben. Im Norden, wo Aufschüttungen von Flüssen einen sandigen und kiesigen Untergrund gebildet haben, ist das Land weniger fruchtbar und besiedelbar als im Süden, wo ältere tertiäre Schichten in weitgehendem Maße mit Löss bedeckt sind. Zu den fruchtbarsten Teilen gehört der Hasbengau (Hesbaye) auf dem linken Maasufer, westlich von Lüttich. Das Küstengebiet des Westens ist durch künstliche Eindeichungen während des Mittelalters dem Meere abgewonnen worden. Östlich der unteren Schelde breitet sich auf dem sandigen Boden der Kempen (Campine) ein großes Waldgebiet aus. Auch sonst finden sich noch zusammenhängende Wälder, z. B. auf den Kalkhöhen des Südostens sowie zwischen Gent und Brügge. Oft begegnet man der Ansicht, daß das Gebiet lange Zeit von Urwald eingenommen gewesen sei, doch ist schon zur Zeit der Völkerwanderung in der Mitte ein großes waldfreies Gebiet vorhanden gewesen.

Der Vortragende erläuterte dann an der Hand zahlreicher Karten die Lage der Siedelungen und belegte seine

Ausführungen durch besonders bezeichnende Beispiele. So erklärt sich die Beschränkung der Lage von Antwerpen auf das rechte Scheldeufer durch den Verlauf der Grenze des Reiches gegen das französische Lehen. Die Ortsnamenendung „heim“ kann geradezu als Leitfossil für die Verbreitung der Germanen in dem fruchtbaren Gebiet betrachtet werden. Die Sprachgrenze schließt sich in ihrem Verlauf auf eine weite Erstreckung ziemlich genau der 100-m-Höhenlinie an. Sie verläuft in ost-westlicher Richtung südlich der Linie Löwen—Brüssel—Kortrijk—Ypern, biegt aber zuletzt nach Norden um und endet an der Küste östlich von Dünkirchen, weil hier das national geschlossene Franzosentum einen festen Wall bildet. Auch Boulogne-sur-mer ist niemals flämisch gewesen, sondern stellt eine alte keltische Siedelung dar. Trotz großer Verschiebungen der politischen Grenzen ist die Sprachgrenze seit 700 Jahren stabil geblieben.

Die Dichte der Siedelungen ist meist groß. Es wimmelt von alten, an Bedeutung herabgekommenen Städten. Die durchschnittliche Entfernung der Städte voneinander beträgt nur 15 km. Dagegen findet sich zwischen Gent und Brügge wegen des alten Waldgebietes auf 40 km Erstreckung keine Stadt, und im Nordosten, zwischen Turnhout und Brée, beträgt die stadtlose Strecke sogar 60 km. Solche stadtfreien Gebiete deuten auf heutige oder frühere Waldgebiete.

Die Siedelungsformen, Einzelhöfe im Westen, Marschhufendörfer, Zeilendörfer, geschlossene Dörfer sind vielfach, u. a. von Meitzen, auf verschiedene Völker zurückgeführt worden. Im Gegensatz zu dieser Auffassung betrachtet der Vortragende die Dorfformen als Anpassungsformen an die natürlichen Bedingtheiten des Landes. Die platzartige Verbreiterung der Dorfstraße ist ausschließlich auf flämisches Gebiet beschränkt.

Die Hauptstraßen sind nicht, wie oft angenommen wird, alte Römerstraßen, die z. T. jetzt mit den Gemeindegrenzen zusammenfallen, sondern alte Handelsstraßen, auf denen die Handelsprodukte des Orients, vor allem die Seide, von den Mittelmeerhäfen nach Nordwest-Europa gelangten.

Windmühlen, Schlösser und Klöster findet man überall im Tiefland. Flandern ist eines der schlösser- und klösterreichsten Länder, in dem stellenweise auf je 3000 Einwohner ein Kloster kommt. Es gibt etwa 11 000 Nonnenklöster. Die hohen Kirchtürme (Liebfrauenkirche in Brügge 123 m hoch) und die, oft 100 m überragenden Belfriede der flandrischen Städte spielen im Flachlande eine wichtige Rolle als Landmarken. Die für frühere Zeiten überlieferten gewaltigen Einwohnerzahlen mancher flandrischer Städte, wie Brügge, Ypern usw., hält der Vortragende für märchenhafte Übertreibungen. Die Lage der Städte ist überwiegend an schiffbare Gewässer geknüpft. Die größeren Orte liegen zumeist an der Einmündung von Nebenflüssen oder am Anfang der Schiffbarkeit. Ausnahmen bilden gewisse Schutzlagen auf Bergeshöhen oder auf den Wasserscheiden sumpfiger Niederungen. Meist handelt es sich um uralte Siedelungen, an die sich das Straßennetz später angepaßt hat.

In der Sitzung am 2. Dezember 1922 gab zunächst der Vorsitzende, Geheimrat E. Kohlschütter (Potsdam) einen Bericht über die Aufzeichnungen des chilenischen Erdbebens vom 11. November im Potsdamer Geodätischen Institut.

Der Wiechertsche Seismograph, der in dem doppelwandigen Erdbebenhäuschen des Geodätischen Instituts auf dem Telegraphenberg bei Potsdam untergebracht

ist, besteht aus einem 1000 kg schweren Eisenkörper, der in labilem Gleichgewicht aufgestellt und durch eine Feder am Umkippen verhindert wird. Bei plötzlichen Erschütterungen des Bodens bewegt sich zwar die Unterlage des Apparates und die Trommel der Registriervorrichtung, während der schwere Eisenkörper wegen seiner großen Trägheit zunächst in Ruhe verharrt und erst später den Bewegungen folgt. Die Differenz der Bewegungen wird durch eine Schreibvorrichtung mit 200 facher Vergrößerung auf eine berußte Fläche aufgezeichnet.

Am 11. November machten sich von 5^h 51^m a. m. die ersten Wellenbewegungen auf der bis dahin geradlinigen Registrierung bemerkbar. Es waren dies die sogenannten ersten Vorläufer, longitudinale Schwingungen, die in der Richtung des Fortschreitens der Bewegung des Erdinnern mit großer Geschwindigkeit von mehreren Kilometern in der Sekunde durchziehen. Die Bahn, welche diese Wellen zurücklegen, ist konkav gegen die Erdoberfläche gekrümmt, so daß bei der großen Entfernung des Erdbebenherdes, die hier ca. 12 000 km betrug, die Stoßstrahlen mit ziemlich steilem Emergenzwinkel aus dem Erdinnern an die Oberfläche gelangen. Da der Apparat nur die horizontale Komponente aufzeichnet, so kommt diese Erschütterung nicht mit ihrer ganzen Wucht zur Darstellung. Gegen 6^h stellten sich auch die zweiten Vorläufer ein, Wellenzüge, die ebenfalls durch den Erdkörper verlaufen, aber transversal, senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung schwingen. Ihre Geschwindigkeit ist nur etwas mehr als halb so groß wie diejenige der ersten Vorläufer, und aus der Differenz des Eintreffens beider kann man daher die Entfernung des Erdbebenherdes berechnen. Nach 6½ Uhr trafen dann die dritten Wellenzüge ein, die Oberflächenwellen, welche längs der Erdoberfläche verlaufen und die größte Amplitude aufweisen. Sie brachten noch in Potsdam Bodenbewegungen von 5 mm Amplitude und 18 Sekunden Schwingungsperiode zustande. Von den späteren Nachbebenwellen sind besonders beachtenswert die gegen 8½ Uhr aufgetretenen Antipodenwellen, welche die Erde in entgegengesetzter Richtung umkreist haben, also über unseren Antipodenpunkt, der in der Gegend von Neuseeland liegt, und dann über Ostasien und Sibirien zu uns gekommen sind. Sie ergänzen demnach den Weg der direkten Oberflächenwellen zu einem Vollkreis. Nach 9½ Uhr ließ sich noch ein zweites Eintreffen der Hauptwellen feststellen, die seit ihrem ersten Auftreten in Potsdam die Erde einmal umkreist hatten. Vier Stunden lang ist also durch dieses chilenische Erdbeben der ganze Erdball in zitternde Bewegung versetzt worden. Das Schema des Apparates und die Registrierkurven wurden in Lichtbildern vorgeführt.

Den zweiten Vortrag hielt Prof. Haenisch (Berlin) über Ost-Tibet auf Grund eigener Reisen. Der Vortragende, der viele Jahre in China als Lehrer tätig war, schilderte an der Hand von Lichtbildern seine Reise im Jahre 1910 auf den durch Schlamm dunkel-

braun gefärbten Fluten des Jang-tzse, an dessen Unterlauf die Wälle alter zerstörter Städte mit modernen Hafenanlagen abwechseln. Am vierten Tage der Stromfahrt wurde das 1000 km von der Küste gelegene Hankou erreicht, eine mächtige Handelsstadt, die zusammen mit der Nachbarstadt Han-king und der gegenüber, auf dem anderen Flußufer liegenden Provinzhauptstadt Wu-tschang eine gewaltige Menschenmenge beherbergt. Bis I-tschang konnte man weiter flussaufwärts mit Dampfbooten gelangen. Von da ab mußten Dschunken benutzt werden. Tschung-king, oberhalb der Stromschnellen, ist der wesentlichste, dem Fremdenverkehr geöffnete Hafen. Weiter ging es den Min-ho und dann dessen Nebenfluß, den Tung-ho aufwärts, bis Ta-taien-lu (30° Nord), das, in 2700 m Höhe gelegen, den Grenzverkehr mit Tibet vermittelt, obgleich es noch weit bis zur Grenze Tibets ist, dessen Hauptstadt, Lhasa, etwa 2000 km entfernt liegt. Der Ort hat Bedeutung als Handelsplatz. Große Karawanen von Yak-ochsen bringen Ausfuhrsgüter aller Art, kostbare Arzneistoffe, vor allem Moschus, sowie Wolle und Felle.

Der Vortragende verbreitete sich dann eingehend über das Problem der tibetischen Ortsnamenschreibung. Die phonetische Wiedergabe ist schwierig, und die Schreibung auf den Karten sehr willkürlich. Oft kann man aus der Ortsnamenschreibung den Weg eines bestimmten Reisenden rekonstruieren bzw. feststellen, wo er seinen Dolmetscher gewechselt hat. Tibet, das Land des lamaistischen Kirchenstaates, war zu seiner Glanzzeit, die vom 7. bis 11. Jahrhundert währte, ein Königreich. 1577 belehnte der König einen Abt mit dem Titel Dalai Lama, aber erst 1643 wurde der letzte König beseitigt und der Dalai Lama gewann auch die politische Macht.

Ost-Tibet hat eine ganz andere Natur als die Hochfläche Inner-Tibets und auch eine eigene Geschichte. Die jetzige Bevölkerung ist durch Vermischung mit den Ureinwohnern entstanden. Ende Juli drang der Vortragende über einen 4000 m hohen Paß auf schwierigen Bergpfaden, die hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Pferde und Maultiere stellten, nach Ost-Tibet vor. Die Flüsse wurden auf hängenden Ketten- oder Seilbrücken, die beim Passieren seitwärts schwingen, oder auf primitiven Holzbrücken, die auf und nieder schwingen, passiert. Eine Gefahr für fremde Reisende sind die Hunde in den Dörfern. Als Beförderungsmittel auf den Flüssen dienen runde Körbe aus Weidengeflecht, die mit geteierter Ochsenhaut überspannt sind. Ein Wahrzeichen Ost-Tibets bilden die schornsteinähnlichen Kriegstürme, die innen Treppen haben und in manchen Tälern zu Dutzenden vorkommen. Sie haben in den Kolonialkriegen Chinas gegen Tibet den chinesischen Truppen viel zu schaffen gemacht. Die Sprache unterscheidet sich stark von der hochtibetischen. Auch die Kultur ist anders. Die Gebirgsvölker sind nicht Anhänger des gelben Lamaismus (man unterscheidet gelbe, rote und schwarze Lamas), sondern verharren noch in der alten Bongreligion.

O. B.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. 1922.

12. Januar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Planck.

Herr Beckmann sprach über die *Neigung der Hydroxyl-Aminverbindungen zu Umlagerungen*. (Ersch. später.) Es wird mitgeteilt, wie in qualitativer und

quantitativer Hinsicht die Existenzbedingungen beeinflusst werden können.

Herr Correns legte vor eine Arbeit von Herrn Prof. Dr. F. Bernstein und Herrn Dr. P. Schläper aus dem Institut für mathematische Statistik an der Universität Göttingen: „Über die Tonlage der menschlichen Singstimme.“ (Ein Beitrag zur Statistik der sekun-

(*Ähren Geschlechtsmerkmale beim Menschen.*) (Ersch. später.) Die Verfasser haben statistische Untersuchungen über die Singstimme von je mehr als 1000 Männern und Frauen (nach der Mutation) angestellt. Geprüft wurde Umfang und Lage der Stimme. Die Masse sowohl der Männer- als der Frauenstimmen zerfällt in zwei deutlich getrennte Gruppen, die nach dem Sprachgebrauch als Baß und Tenor bzw. Sopran und Alt bezeichnet werden können. Sie haben für sich genommen jede sowohl nach mittlerer Stimmhöhe als nach stimmlichem Umfang nahezu *Gauß*-Charakter; sind also im wesentlichen natürliche Gruppen. Das Zahlenverhältnis ist sowohl für Baß : Tenor wie für Sopran : Alt auffallend genau 5 : 1.

2. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Planck.

Hr. Correns sprach über: „*Vererbungsversuche mit buntblättrigen Sippen, VI und VIII.*“ (Ersch. später.) VI. Einige neue Fälle von Albomaculatio. Es werden die Vererbungsverhältnisse des weißbunten Zustandes für *Stellaria media*, *Hieracium Auricula*, *Senecio vulgaris* und *Taraxacum officinale* besprochen. Bei den letzten beiden wurde auch die Verteilung der Früchtchen mit den verschiedenartigen (weißen, bunten, grünen) Embryonen über den Fruchtboden festgestellt. Es handelt sich um den zuerst für *Mirabilis Jalapa* beschriebenen *status albomaculatus*. Im Anschluß daran wird das Zustandekommen der bunten Sämlinge erörtert. — VII. Über die *perlaurea*-Sippe. Für diese bisher nur im heterozygotischen Zustand bekannte, gelbgrüne Sippe der *Urtica urens* ließen sich die *perlaurea*-Homozygoten nachweisen, die fast immer schon als junge Embryonen absterben; nur ganz einzelne (eine auf mehr als tausend) bringen es bis zur Keimfähigkeit.

Hr. Einstein legte eine Mitteilung vor: *Zur Theorie der Lichtfortpflanzung in dispergierenden Medien.* Es wird gezeigt, daß — entgegen dem Ergebnis einer früher vom Verfasser angegebenen elementaren Überlegung — das von bewegten Kanalstrahl-Teilchen emittierte Licht in dispergierenden Medien auch nach der Undulationstheorie keine Krümmung erleidet.

19. Januar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Lüders.

Hr. Einstein sprach über ein Experiment betreffend die Gültigkeitsgrenze der Undulationstheorie. (Ersch. später.) Nachdem die Quantentheorie, welche mit der Undulationstheorie im Widerspruch ist, große Erfolge erzielt hat, ist es von großem Interesse, die Gültigkeitsgrenze der klassischen Optik kennenzulernen. Es wird ein an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von den HH. Geiger und Bothe ausgeführtes, von E. vorgeschlagenes Experiment mit Rücksicht auf diese Frage diskutiert.

Hr. Haberlandt legte eine Arbeit vor: „*Die Entwicklungserregung der parthenogenetischen Eizellen von Marsilia Drummondii* A. Br.“ Es wird gezeigt, daß bei *Marsilia Drummondii* die absterbenden, aber nicht verschleimenden Hals- und Bauchkanalzellen als die Nekrohormonlieferanten anzusehen sind, die die Teilung der Eizelle auslösen. Häufig ist zwischen Bauchkanal- und Eizelle eine verdickte Zellwand ausgespannt, die in der Mitte ein großes Loch aufweist, durch das das absterbende Protoplasma der Bauchkanalzelle mit dem Eiplasma in direkte Verbindung tritt. Von dieser Plasmabrücke aus durchsetzt zuweilen ein radial sich ausbreitendes Fibrillensystem den oberen Teil der Eizelle.

9. Februar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Lüders.

Hr. Schuchhardt legte vor eine Arbeit von Hr. M. Hitzheimer über *Die Tierknochen aus den Gruben des Lossower Ringwalls bei Frankfurt a. O.* (Abh.)

Unter den Lossower Tierknochen, die nach Art der Erhaltung keine Speisereste sein können und fast nur Haustiere enthalten, überwiegt das Rind bei weitem. Es gehört 2 Rassen an, dem *Bos taurus longifrons* und *B. t. primigenius*. Letzterer zeigt sowohl Beziehungen zum wilden Ur Norddeutschlands als auch zu anderem Niederungsvieh, das somit hier autochthon ist. Auch das Pferd ist in 2 Rassen vertreten, dem kleinen breitstirnigen Bronzezeitpferd (*Equus Caballus robustus*) und dem kleinen schmalstirnigen Pferd (*E. C. celticus*), das für Mitteleuropa neu ist. Schaf und Ziege sind in geringer Menge, das Schwein kaum, der Hund gar nicht vertreten.

16. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Planck.

Hr. Haber sprach über *Anregung von Gasspektren durch chemische Reaktionen*. Die Einwirkung von Chlorgas auf ein Gemisch von Stickstoff und Natriumdampf liefert bei gewöhnlichem Druck eine Flamme, die bei passender Wahl der Mengenverhältnisse mit Sicherheit unter der Temperatur bleibt, bei der der schwarze Körper sichtbare Strahlung liefert. Diese Flamme zeigt die D-Linien. Chlor kann durch Brom, Jod und Sauerstoff ersetzt werden. Bei Ersatz des Natriums durch Quecksilber erscheint nur ein Banden-, kein Linienspektrum. Bei tiefem Druck liefert die verwandte Einwirkung von Kaliumdampf auf Sauerstoff kein Leuchten, aber erhebliches Leitvermögen im Reaktionsraum. Die Lichterregung wird durch den Stoß von Reaktionsprodukten auf erregbare Elementarteilchen gedeutet.

2. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Planck.

Hr. Hellmann überreichte eine Abhandlung „*Neue Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Deutschland*“, 3. Mitteilung: Der Jahresverlauf. Die im Laufe des Jahres eintretenden Veränderungen in der Verteilung der Niederschläge (Menge und Häufigkeit) in Deutschland werden untersucht. Die Gebiete größten Niederschlags verlagern sich vom Winter zum Sommer von Westen nach Osten, was dafür spricht, daß der von lokaler Verdunstung herrührende Wasserdampf bei den sommerlichen Regenfällen eine größere Rolle spielt.

9. März. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Lüders.

Hr. Planck überreichte eine Mitteilung: „*Über die freie Energie von Gasmolekülen mit beliebiger Geschwindigkeitsverteilung.*“ Es wird die Frage erörtert, ob die freie Energie einer Mischung von gleichartigen Gasmolekülen, deren Geschwindigkeiten beliebig gegeben sind, während ihre inneren Energien die der Temperatur entsprechende stationäre Verteilung aufweisen, sich additiv zusammensetzt aus den freien Energien der einzelnen Geschwindigkeitsgruppen. Da die Antwort bejahend lautet, so wird weiter gefolgert, daß bei der Diffusion zweier mit verschiedenen Geschwindigkeiten behafteter, im übrigen gleichartiger Molekülsysteme die Verminderung der freien Energie unabhängig ist von der Differenz der Geschwindigkeiten, und im Anschluß daran gezeigt, wie sich für diesen Fall das sogenannte *Gibbs'sche Paradoxon* aufklärt, trotzdem die Geschwindigkeit eine stetig veränderliche Größe ist.

16. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretär: Hr. Planck.

Hr. Kükenthal sprach über den *Ursprung der Wale*. Es wird nachgewiesen, daß eine monophyletische Abstammung von Zahn- und Bartenwalen mit den Tatsachen der Entwicklungsgeschichte unvereinbar ist.

23. März. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Lüders.

Hr. Fick sprach über die Maßverhältnisse der Hand mit Angaben über die Hand W. v. Waldeyer-Hartz' †. (Ersch. später.) Zuerst berichtete er über die Messung der Fingerlänge, die Schiefstellung der Finger bei der „Arbeits-hand“ (R. Fick), über die Breit- und Schmalform („Pachy-„Leptodaktylie“) sowie Rund- und Spitzform der Nagelglieder („Bolo-„Oxydaktylie“). Dana schildert er die Form und Maße der Hand W. v. Waldeyer-Hartz' †.

30. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Haber sprach über „Amorphe Niederschläge und kristallisierte Sole“. Bei der Überschreitung der Löslichkeitsgrenze tritt die Häufungsgeschwindigkeit mit der Ordnungsgeschwindigkeit in Konkurrenz. Beim Aluminiumhydroxyd, das den idealen Fall zu verwirklichen erlaubt, ist das Sol schön kristallisiert, der kalt aus Salzlösungen mit Ammoniak gefällte Niederschlag amorph. Als Merkmal des kristallisierten und amorphen Zustandes dienen die Röntgeninterferenzen. Bei Verbindungen mit ausgeprägtem Dipolcharakter sind die amorphen Niederschläge wegen hoher Ordnungsgeschwindigkeit oft nicht zu erhalten. Bei Verbindungen mit Vielfachpolcharakter ist umgekehrt die gut kristallisierte Beschaffenheit oft schwer zu erreichen. Diese Überlegungen machen einerseits das Entstehen der Gläser verständlich und führen andererseits zu dem bevorzugt kristallisierten Zustand der Gebilde der organisierten Welt.

Hr. Rubner legte eine Abhandlung von Dr. Stefanie Lichtenstein in Berlin über die Agglutination bei Algen, Algen und Flagellaten vor. (Ersch. später.) Die serologische Methodik wurde zum Studium der einzelligen Organismen angewandt, sie erwies sich namentlich auch zur Feststellung der Verwandtschaftsbeziehungen bei Flagellaten als sehr bedeutungsvoll.

6. April. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Lüders.

Hr. Zimmermann legte eine Arbeit vor über „Die Lagerungen bei Knickversuchen und ihre Fehlerquellen“. Es werden darin die Gesichtspunkte besprochen, nach denen die Versuche einzurichten sind, um störende Zufälligkeiten soweit wie möglich auszuschließen. Sodann wird an dem Beispiel des Schneidenlagers und des Walzenlagers gezeigt, in welcher Weise die Reibung und nicht genau achsrechte Belastung einzeln oder vereinigt Störungen erzeugen, und wie deren Größe aus besonderen Messungen an den Versuchsstäben berechnet werden kann. Für das Walzenlager ergibt sich die Möglichkeit einer Anordnung, bei der sich verschiedene Nebenwirkungen der Lagerteile gegenseitig aufheben. Damit wird erreicht, daß das Lager den Voraussetzungen der Eulerschen Knicktheorie besser entspricht als die bisher gebräuchlichen Lagerungsarten.

20. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. v. Laue legte eine gemeinsam mit Hrn. Dr. W. Gordon bearbeitete Mitteilung vor: „Ein Verfahren zur Messung der Wärmeleitfähigkeit bei Glühtemperaturen“. Betreift man eine Glühlampe mit Wechselstrom, so zeigt die Helligkeitsschwankung eine erhebliche Phasenverschiebung gegen die Wärmeerzeugung. Man kann aus dieser die Wärmeleitfähigkeit ermitteln. Die Verfasser geben die dazu nötigen Formeln.

Hr. v. Laue legte ferner vor: „Die Bedeutung des Nullkegels in der allgemeinen Relativitätstheorie“. Der Nullkegel findet in der beschränkten Relativitätstheorie seine Bedeutung gerechtfertigt durch die Formeln für die verzögerten Potentiale. Es wird gezeigt, wie sich diese Formeln auf die neuere Theorie übertragen.

4. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

Hr. Rubner legte eine Abhandlung von Hrn. Prof. K. Bürker in Gießen vor, betitelt „Die Verteilung des Hämoglobins auf der Oberfläche der Erythrocyten“. Verfasser hat nach neuen Methoden den Hämoglobingehalt, die Zahl der Blutkörperchen und ihre Größe genauer bestimmt. Dabei hat sich herausgestellt, daß der mittlere Hämoglobingehalt pro Quadratmeter Oberfläche des Blutkörperchens bei allen zum Vergleich herangezogenen Tieren und bei dem Menschen eine Konstante ist.

6. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

Hr. Müller (Breslau) sprach „Über die Sicherung der oberen Gurtungen offener Balkenbrücken durch biegungsfeste Halbrahmen“. Die vom Vortragenden in seiner Graphischen Statik für den Fall gleichbelasteter Hauptträger durchgeführte Untersuchung der durch Halbrahmen seitlich gestützten Druckgurtungen offener Balkenbrücken wird weiter ausgebaut und auf ungleich belastete Hauptträger ausgedehnt.

Hr. Heider legte vor eine Mitteilung von Hrn. Prof. Dr. Robert Schneider: „Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus“ (Ersch. später.) Es wurde die Verbreitung des durch die Ferrozyankaliumreaktion nachweisbaren Eisens in verschiedenen Geweben und Organen der Tiere untersucht. Eisen wird in hepatischen Organen gespeichert. Es findet sich reichlich in Knorpelbildungen verschiedener Art, ferner im Gewebe der Kiemen von Chätopoden, Mollusken und Crustaceen. Gelegentlich tritt es auch in Zellkernen und Nucleolen auf. Die Bedeutung des Eisens ist zum Teil nach der Richtung mechanischer Festigung in Knorpeln und Skelettbildungen, zum Teil in seiner Wirkung als Sauerstoffüberträger in Respirationsorganen zu suchen. Das zugehörige Tafelmaterial wird in der Akademie verwahrt.

13. Juli. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

Hr. Penck sprach über „glaziale Krustenbewegungen“. (Ersch. später.) Die Mitten der großen eiszeitlichen Gletschergebiete sind durch die Last des Eises eingedrückt, ihre Umgebung aufgepreßt worden. Infolge des Schwindens des Eises traten hier Senkungen, dort Hebungen ein. Diese sind in Fennoskandien in der Postglazialzeit, jene in Norddeutschland auch für die Interglazialzeit der Beemsteufe nachweisbar. Zwischen der eingedrückten Mitte und dem aufgepreßten Rande müssen in der Tertiär-Massenversetzungen stattgefunden haben, deren Beträge zu schätzen versucht werden.

Hr. v. Laue legte vor eine Arbeit von Hrn. Prof. Dr. Fritz Weigert und Hrn. Dr. Karl Kellermann: „Zur Photochemie des Chlorknallgases“. (Ersch. später.) Die Verfasser untersuchen mittels sehr kurzer Belichtungen den Beginn der photochemischen Chlorknallgasreaktion nach der Schlierenmethode. Sie finden die Vollausbildung der entstehenden Schlieren etwa $\frac{1}{100}$ Sekunden nach der Belichtung. Dies bestätigt die früher von Nernst ausgesprochene Ansicht, daß bei der Absorption eines Energiequants aus der Strahlung die Reaktion nur eingeleitet wird, während sie sich in der Hauptsache erst danach rein chemisch abspielt.

20. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

Hr. Hellmann sprach über „Die Sonnenscheindauer in Deutschland“. Es wird der Versuch gemacht, aus gleichzeitigen 25jährigen Beobachtungen an 27 Sta-

tionen die Grundzüge der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Sonnenscheindauer in Deutschland abzuleiten. Ostdeutschland erweist sich als sonnenscheinreicher als Westdeutschland, in dem nur der Rheingau in dieser Beziehung bevorzugt ist. An der Nordseeküste ist der sonnigste Monat der Mai, weiter landeinwärts der Juni, im äußersten Osten und Süden der August. In der kalten Jahreshälfte hat überall der Nachmittag mehr Sonnenschein als der Vormittag; das gilt auch in der warmen Jahreshälfte für Westdeutschland, während in Ostdeutschland das umgekehrte Verhältnis eintritt. Auf dem Gipfel der Schneekoppe im Riesengebirge sind im Sommer die frühen Morgenstunden am sonnigsten.

27. Juli. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

Hr. Fick legte eine Arbeit von Hrn. Prof. Dr. Hans Virchow (Berlin) vor über „Die Hände von Wilhelm v. Waldeyer-Hartz“. (Abb.) H. Virchow hat das Knochengerüst der Hände W. v. W.s auf dessen letztwillige Verfügung nach der von H. V. angegebenen Art zusammengesetzt. Das Wesentliche dieser Aufstellungsart besteht darin, daß das Leichenglied in einer bestimmten Stellung gehärtet und von der Knochenlage in der richtigen Stellung vor der Mazeration eine Gipsform hergestellt wird. Auf Grund dieser Form können dann die mazerierten Knochen richtig zusammengefügt werden. H. V. schildert diese Art des Vorgehens genau und berichtet über die Eigenheiten der Hand W. v. W.s, die der Verstorbene selbst „auf die viele Schreibarbeit“ zurückgeführt hatte.

19. Oktober. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Haberlandt las „über die Vorstufen und Ursachen der Adventivembryonie“. Es wird gezeigt, daß es verschiedene Vorstufen der Adventivembryonie (Nuzellar- und Integumentembryonie) gibt, die darin bestehen, daß an den Embryosack-grenzende Zellen des Nuzellus oder des Integuments sich teilen und unter Umständen auch plasmareiche Gewebewucherungen bilden, die in den Embryosack hineinwachsen, ohne aber Embryonen zu bilden. Solche Fälle führen durch mancherlei Übergänge hinüber zur typischen Adventivembryonie. Die Zellteilungen, die zur Bildung der Gewebewucherungen führen, aus denen schließlich Embryonen hervorgehen, werden durch Nekrohormone ausgelöst, die aus abgestorbenen, in der Umgebung des Embryosacks oder in diesem selbst befindlichen Zellen stammen. Diese Absterbeerscheinungen werden für einige Pflanzen genauer besprochen. Daß kallusartige Wucherungen zu Embryonen werden, wird auf „embryobildende Hormone“ im Embryosack zurückgeführt.

2. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Planck überreichte eine Abhandlung von H. Rubens † und K. Hoffmann: „Über die Strahlung geschwärzter Flächen“. Es wurden für Ruß- und Platinschwarz in verschiedenen Schichtdicken Emissionswerte gemessen, wobei sich zeigte, daß diese Stoffe in genügend dicken Schichten auch für lange Wellen ein hohes Emissionsvermögen erreichen. Man kann eine „absolut graue“ Farbe angeben, die sich in den untersuchten ultraroten Spektralbereichen als Emissions- und Absorptionsfläche gut eignen dürfte. Auch die Durchlässigkeit von Rußschichten wurde in einem großen Teil des ultraroten Spektrums bestimmt.

16. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Correns besprach „neue Versuche über das Zahlenverhältnis der Geschlechter bei höheren Pflanzen“. 1. Alkohol und Zahlenverhältnis der Geschlechter bei *Melandrium*. Es gelingt — durch die Einwirkung von Alkoholdämpfen auf den Blütenstaub — die relative Zahl der Männchen in der Nachkommenschaft stark zu steigern. Zugrunde liegt wahrscheinlich eine größere Resistenz der männchenbestimmenden Pollenkörner gegen den schädigenden Einfluß des Alkohols. — 2. Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauerepfefer (*Rumex Acetosa*). Es läßt sich durch den Konkurrenzversuch zeigen, daß das männliche Geschlecht das heterogametische ist. Die sehr starke Abweichung vom mechanischen Zahlenverhältnis zugunsten der Weibchen erklärt sich wenigstens zum Teil durch die größere Sterblichkeit der erwachsenen männlichen Pflanzen und die zahlreichen vor der Reife eingehenden Embryonen.

Hr. Warburg überreichte eine Arbeit von Prof. Dr. Karl Willy Wagner in Berlin: „Der physikalische Vorgang beim elektrischen Durchschlag von festen Isolatoren“. Es wird eine neue Theorie des elektrischen Durchschlags fester Isolierstoffe entwickelt, nach welcher der Durchschlag erfolgt, wenn bei steigender Spannung das elektrisch-thermische Gleichgewicht labil wird. Diese Theorie steht im Widerspruch zu der herrschenden, nach welcher der Durchschlag erfolgt, wenn die elektrische Feldstärke einen gewissen Wert erreicht hat, wird aber durch zahlreiche Messungen bestätigt.

23. November. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. v. Laue sprach über zwei Untersuchungen Hrn. Einsteins: 1. „Feldgleichungen der Gravitation“ und 2. „Spannungszustand in einem vom Wärmestrom durchflossenen Gase“. Die erste behandelt die Bedeutung zweier Lösungen der Feldgleichungen der Gravitation, welche kürzlich von Trefftz angegeben sind. Die zweite berechnet die Abweichungen, die der Spannungszustand in einem vom Wärmestrom durchflossenen Gase von einem allseitig gleichen Druck zeigt. Einstein kommt zu dem Ergebnis, daß diese Abweichungen beobachtbar sein müssen.

30. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Pompeckj sprach über seine „Untersuchungen an fossilen Wälen; I. *Squalodon Langwieschei* aus dem Ober-Oligocän des Dobergs bei Bünde in Westfalen.“ (Ersch. später.) Ein prachtvoll erhaltener Schädel zeigt, daß bereits im Ober-Oligocän der Zahnwäلتypus in der charakteristischen Rückwärtsverlagerung der senkrecht gestellten Nasengänge an die Vorderwand der Hirnkapsel, im Bau des Gesichtsschädels und durch die Lage und Konstruktion des Ohrskelettes in der Art des Unterwasserhörens vollkommen fertiggestellt war. Die Abspaltung der Zahnwäle vom Archaeoceten-typus muß in weit hinter dem Ober-Oligocän liegender Zeit erfolgt sein.

21. Dezember. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Heider sprach über „Zahnwechsel bei polychäten Anneliden“. Bei *Staurocephalus rudolphi* und *rubrovittatus* finden sich unter den Reihen von Kieferstücken des Oberkieferapparates längsverlaufende Hypodermiseinfaltungen (Zahnfurchen), in denen von Odontoblasten Ersatzzähne ausgebildet werden.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 7. (Seite 97—116.)

16. Februar 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Streustrahlung bei der diagnostischen und therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen. Von *Hans Küstner, Göttingen*. (Mit 14 Abbildungen.) S. 97.

Der Ruthsspeicher. Von *H. Treitel, Berlin*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 106.

Besprechungen:

Stark, Johannes, Die physikalisch-technische Untersuchung keramischer Kaoline. Von *W. Funk, Meissen*. S. 109.

Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung Neu-Babelsberg. Von *G. Masing, Berlin*. S. 111.

Schneiderhöhn, H., Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Erzen und Aufbereitungsprodukten, besonders im auffallenden Licht. Von *G. Masing, Berlin*. S. 111

Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik. 4. Auflage. Band V. Die wichtigsten Lehren der Elastizitätslehre. Band VI. Die wichtigsten Lehren

der höheren Dynamik. Von *R. Grammel, Stuttgart*. S. 112.

Müller, C. H., und G. Prange, Allgemeine Mechanik. Von *L. Hopf, Aachen*. S. 113.

Exner, Franz, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. Von *W. Westphal, Berlin*. S. 113.

Sitzungsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft: Tiefengesteine des Bayrischen Waldes und der Pfahl. Geologische Neuaufnahmen des Harzes. S. 113.

Biologische Gesellschaft zu Leipzig: Gefäßbaum und Organbildung. Über neue im Veterinärinstitut der Universität Leipzig und im Reichsgesundheitsamte durchgeführte Passageversuche mit vom Menschen stammendem Tuberkulosematerial. S. 114.

Astronomische Mitteilungen. S. 115—116.

Die scheinbare Verteilung der Heliumsterne (Mit 4 Abbildungen).

Berichtigung. S. 116.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Ruths-Wärmespeicher in Kraftwerken. Von Dr.-Ing. *Friedrich Münzinger*. Mit 38 Abbildungen. (24 S.) 1922. G. Z. 0,7

Die Leistungssteigerung von Großdampfkesseln. Eine Untersuchung über die Verbesserung von Leistung und Wirtschaftlichkeit und über neuere Bestrebungen im Dampfkesselbau. Von Dr.-Ing. *Friedrich Münzinger*. Mit 173 Textabbildungen. (X, 164 S.) 1922. G. Z. 4; gebunden G. Z. 6

Kohlenstaubfeuerungen für ortsfeste Dampfkessel. Eine kritische Untersuchung über Bau, Betrieb und Eignung. Von Dr.-Ing. *Friedrich Münzinger*. Mit 61 Textfiguren. (VII, 118 S.) 1921. G. Z. 4

Hochleistungskessel. Studien und Versuche über Wärmeübergang, Zugbedarf und die wirtschaftlichen und praktischen Grenzen einer Leistungssteigerung bei Großdampfkesseln nebst einem Überblick über Betriebserfahrungen. Von Dr.-Ing. *Hans Thoma, München*. Mit 65 Textfiguren. (XI, 116 S.) 1921. G. Z. 4,5; gebunden G. Z. 6,5

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 800.— M. für Februar 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 250.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurflirt 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-
Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20220 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Listen frei!

Projektionsapparate Liesegang

Neu!

Janus-Epidiaskop

Neu!

(D. R. Patent 366 044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von Papier- und Glasbildern.

An jede elektrische Leitung anschließbar! Leistung vorzüglich!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach 124



Hermann Meusser

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57/21, Potsdamer Straße 75
hält die gesamt. naturwissenschaftliche Literatur
auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preis-
wert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter
Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9.

Die techn. Mechanik des Maschineningenieurs mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen. Von Dipl.-Ing. P. Stephan, Regierungsbaumeister, Professor. In 4 Bänden.
Erster Band: Allgemeine Statik. Mit 300 Textfiguren. (VI, 160 S.) 1921. Gebunden G. Z. 4

Zweiter Band: Die Statik der Maschinenteile. Mit 276 Textfiguren. (IV, 268 S.) 1921. Gebunden G. Z. 7

Dritter Band: Bewegungslehre und Dynamik fester Körper. Mit 264 Textfiguren. (VI, 252 S.) 1922. Gebunden G. Z. 7

Vierter Band: Die Elastizität gerader Stäbe. Mit 255 Textfiguren. (IV, 250 S.) 1922. Gebunden G. Z. 7

Autenrieth-Ensslin, Technische Mechanik. Ein Lehrbuch der Statik und Dynamik für Ingenieure. Neu bearbeitet von Dr.-Ing. Max Ensslin in Esslingen.
Dritte, verbesserte Auflage. Mit 295 Textabbildungen. (XVI, 569 S.) 1922. Gebunden G. Z. 15

Lehrbuch der Technischen Mechanik. Von Professor Dr. phil. h. c. M. Grübler in Dresden.
Erster Band: Bewegungslehre. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 144 Textfiguren. (VII, 143 S.) 1921. G. Z. 5
Zweiter Band: Statik der starren Körper. Zweite, berichtigte Auflage. (X, 280 S.) Mit 222 Textfiguren. 1922. G. Z. 7,5
Dritter Band: Dynamik starrer Körper. Mit 77 Textfiguren. (VI, 157 S.) 1921. G. Z. 5

Mechanik. Von Dr.-Ing. Fritz Rabbow, Hannover. Mit 237 Textfiguren. (VIII, 203 S.) 1922. (Handbibliothek für Bauingenieure. I. Teil. Hilfswissenschaften. 2. Band.) Gebunden G. Z. 6,4

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Streustrahlung bei der diagnostischen und therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen.

Von Hans Küstner, Göttingen.

Im Jahre 1912 machte *Laué* die Entdeckung, daß es mit Hilfe von Kristallen möglich ist, Röntgenstrahlen spektral zu zerlegen, wie wir dieses beim sichtbaren Licht mit Hilfe von Prismen erreichen. Seitdem ist uns die lang gehegte Vermutung, daß Röntgenstrahlung nichts anderes ist als kurzwellige Lichtstrahlung, zur Gewißheit geworden. Die vom Radium ausgehende Wellenstrahlung ist nichts anderes als sehr harte Röntgenstrahlung. Die Röntgenstrahlen stellen also die kurzwelligste Ätherstrahlung dar, die wir kennen.

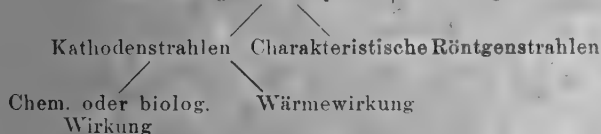
Dringt Röntgenstrahlung durch Materie, so wird sie geschwächt. Diese Schwächung setzt sich aus zwei Anteilen zusammen:

Schwächung = Absorption + Streuung.

Die Absorption. „Absorbiert“ nennt man alle Röntgenstrahlung, die beim Durchgang durch Materie in andere Energieformen umgesetzt wird. Die absorbierte Röntgenenergie tritt direkt in zwei neuen Formen von Strahlung wieder zutage. Diese sind 1. die Kathodenstrahlen, jene kleinsten Partikelchen, auch Elektronen genannt, die wir in unseren Glühkathodenröhren in Reinkultur vor uns haben; und 2. die charakteristische Röntgenstrahlung.

Die Kathodenstrahlen setzen ihre Energie einerseits in chemische oder biologische Wirkung, andererseits in Wärmewirkung um. Wir erhalten also als Erweiterung obiger Formel für die Schwächung die nachstehende:

Schwächung = Absorption + Streuung



Wir haben also drei Arten von Strahlungen zu unterscheiden, die bei Durchdringung eines Mediums von Röntgenstrahlen auftreten, nämlich Kathodenstrahlen; charakteristische Röntgenstrahlen; Streustrahlen.

Außerdem treten chemische oder biologische Wirkung und Wärmewirkung auf.

Von diesen Energieformen ist der in Wärmewirkung und charakteristische Röntgenstrahlung umgesetzte Energiebruchteil so klein, daß wir ihn vernachlässigen dürfen, was folgende Überschlagsrechnungen zeigen.

Die Wärmewirkung der Röntgenstrahlen. Würde bei Durchstrahlung eines Thorax¹⁾ sämtliche Röntgenenergie, die auf ihn auffällt, restlos in Wärme übergeführt, wovon auch nicht im entferntesten die Rede sein kann, so würde sich selbst bei unseren leistungsfähigsten Maschinen — 200 kV Spannung, 8 mA Röhrenstrom — der Thorax um weniger als $\frac{1}{1000}^{\circ}$ C pro Min. erwärmen. In Wirklichkeit ist die Erwärmung noch viel geringer. Eine Heilwirkung der Röntgenstrahlung durch Wärme, etwa wie wir sie bei Diathermie erzielen, ist also nicht zu erwarten. Wir können füglich die Wärmewirkung der Röntgenstrahlung überhaupt beiseite lassen.

Die charakteristische Röntgenstrahlung. Für den Prozentsatz der erregenden Strahlungsenergie, der in Form charakteristischer Strahlung wieder zutage tritt, hat *Glocker*²⁾ ein Gesetz gefunden. Nach diesem berechnet sich, daß die in charakteristische Strahlung umgesetzte Energie für Calcium, das schwerste Element, das in wesentlichen Mengen im menschlichen Körper vorkommt, nur etwa 1 % der absorbierten Energie beträgt; das gilt für die weichsten in der Therapie angewendeten Strahlen, für die härteren ist der Prozentsatz geringer. Ebenso ist er noch geringer für die Elemente mit kleinerem Atomgewicht des menschlichen Körpers. Hieraus folgt, daß die charakteristische Strahlung im menschlichen Körper überhaupt keine Rolle spielt, und daß wir in der Praxis von ihr absehen dürfen.

Werfen wir noch einmal einen Blick auf unser oben aufgestelltes Schema der Energieumsetzung, so können wir unsere Betrachtungen dahin zusammenfassen:

Alle absorbierte Röntgenenergie wird restlos in andere Energieformen umgesetzt. Von diesen ist allein die chemische oder biologische Energieform therapeutisch wirksam. (Daß sich diese Umsetzung auf dem Umwege über die Kathodenstrahlen vollzieht, hat nur physikalische Bedeutung.) Die anderen Energieformen sind aus energetischen Gründen nicht ausreichend, um einen therapeutischen Einfluß ausüben zu können.

Die Streustrahlung. Wie wir eingangs erwähnten, ist Röntgenstrahlung nichts anderes als kurzwellige Lichtstrahlung. Wir machen von dieser Tatsache Gebrauch, indem wir uns die Grundvorgänge der Streuung an sichtbarem Licht klar machen.

Lassen wir ein ausgeblendetes, schmales Strahlenbündel sichtbaren Lichtes durch ein Glasgefäß

¹⁾ Thorax = Brustkorb.

²⁾ *Glocker*, Phys. Z. 17, 488, 1916. Vgl. auch *Schottky*, Phys. Z. 17, 581, 1916.

fallen, das mit Wasser angefüllt ist, welches einige Tropfen Milch enthält, so beobachten wir, daß keineswegs allein der Weg des Lichtstrahls in der Flüssigkeit leuchtet, sondern daß das ganze Gefäß, also auch die nicht unmittelbar vom Lichte getroffenen Stellen, leuchten. Ein solches Medium, bei dem das der Fall ist, nennen wir ein „trübes Medium“. Während diese Erscheinung für sichtbares Licht keineswegs allgemein eintritt, sind für Röntgenstrahlen alle Medien „trübe Medien“, d. h. alle von Röntgenlicht getroffene Materie sendet Streustrahlung aus.

Diese Streustrahlung ist nun keineswegs eine andere Energieform als die Primärstrahlung, sie ist vielmehr nichts anderes als aus ihrer Bahn abgelenkte Primärstrahlung. Wir können uns das

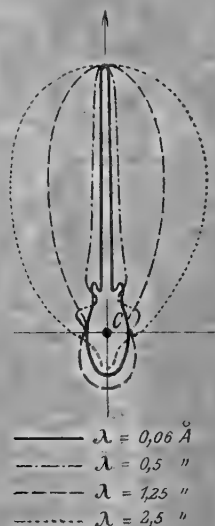


Fig. 1. Die räumliche Intensitätsverteilung der Streustrahlung beim Kohlenstoffatom, berechnet von Glocker und Kaupp.

ebenfalls sehr schön mit Hilfe sichtbaren Lichtes klarmachen: Lassen wir nacheinander (durch Vorschalten von bunten Filtern) rotes, gelbes, blaues, grünes, violettes Licht auf unser Glasgefäß mit verdünnter Milch fallen, so leuchtet die trübe Flüssigkeit stets in der Farbe des einfallenden Lichtes. Den verschiedenen Farben des sichtbaren Lichtes entsprechen aber verschiedene Härtegrade im Röntgengebiet: in der Tat ist auch die Härte oder Wellenlänge der zerstreuten Röntgenstrahlung genau gleich der Härte oder Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Gerade aus diesem experimentell sichergestellten Befund schließen wir, daß die zerstreute Röntgenstrahlung nichts anderes ist als die aus ihrer Strahlrichtung abgelenkte, erregende Strahlung selbst.

Die Ausbreitung der Streustrahlung. Schon durch ältere Versuche von Crowther³⁾ und von Owen⁴⁾ wurde festgestellt, daß

1. die Intensität der Streustrahlung in Richtung senkrecht zur Primärstrahlung ein Minimum aufweist;

2. die Intensität derjenigen Streustrahlung, die in Richtung des Primärstrahls gestreut wird, größer ist als die Intensität der jenem entgegengesetzt gestreuten Strahlung.

Leider erscheint die Fragestellung dieser Versuche im Lichte unserer heutigen Anschauungen nicht mehr hinreichend eindeutig, um weitere Folgerungen aus ihnen zu ziehen. Fig. 1 zeigt die Ergebnisse einer Rechnung von Glocker⁵⁾ und Kaupp⁶⁾ für das Kohlenstoffatom als Sekundärstrahler, wenn die erregenden Wellenlängen 2,5; 1,25; 0,5; 0,06 Å betragen. Man sieht, daß obige Versuche durch die Theorie bestätigt werden: Der Abstand jedes Kurvenpunktes vom streuenden Atom C gibt die Intensität der Streustrahlung in dieser Richtung an; sie ist bei weitem am größten in Richtung der Primärstrahlung, am kleinsten nahezu senkrecht zur Primärstrahlung und etwas größer in Richtung auf die Lichtquelle zu, und zwar ist dieser Effekt um so stärker ausgeprägt, je härter die erregende Strahlung ist.

*L

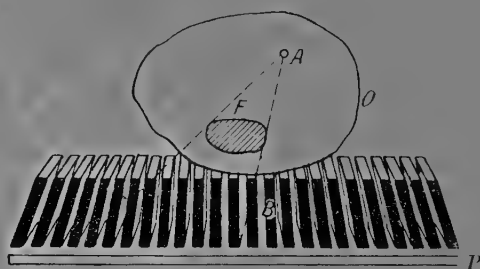


Fig. 2. Prinzip der ruhenden Buckyblende.

Dieser Umstand ist sehr wichtig für die Therapie. Denn wie die Kurven zeigen, ist bei harter Strahlung ein sehr großer Anteil der gestreuten Strahlung der Erregerstrahlung nahezu parallel.

Allerneueste Versuche von Keesom und de Smedt⁶⁾ mit monochromatischem Röntgenlicht an Flüssigkeiten machen es nun wahrscheinlich, daß bei solchen außerdem ein Richtungseffekt der Streustrahlung besteht, der vom gegenseitigen Abstand der Moleküle herrührt. Er äußert sich im wesentlichen im gleichen Sinne wie der von Glocker und Kaupp berechnete.

Die Wirkungen der Streustrahlung in der Diagnostik und der Therapie.

1. Diagnostik.

Wird ein Objekt durchleuchtet, so wird in jedem Punkte desselben die Richtung der Röntgen-

³⁾ Crowther, Proc. Roy. Soc. 85, 29, 1911.

⁴⁾ Owen, Proc. Cambr. Phil. Soc. 16, 166, 1911.

⁵⁾ Glocker und Kaupp, Ann. d. Phys. 64, 541, 1921.

⁶⁾ Keesom und de Smedt, Proc. Amst. 25, 118, 1922.

strahlen abgelenkt. Außer der eigentlichen, punktförmigen Lichtquelle, nämlich dem Brennfleck des Röntgenrohres, haben wir also noch eine zweite, störende: den durchleuchteten Körper selbst. Gäbe es keine Streustrahlung, so würde der punktförmige Brennfleck einen scharfen Schattenriß des dichteren Mediums, z. B. des Knochens, liefern. In Wirklichkeit aber überlagern sich diesem scharfen Schattenriß zahllose andere, die von all den unendlich vielen Lichtquellen ausgehen, welche die Lichtbahn des primären Röntgenstrahls im Körper darstellt. Sie machen das Bild unscharf und verwaschen.

Ein Mittel, das Zustandekommen der Streustrahlen selbst zu unterdrücken, gibt es nicht. Wohl aber ist es möglich, diese auf ihrem Wege aufzuhalten: die ruhende oder bewegte Buckyblende.

*L

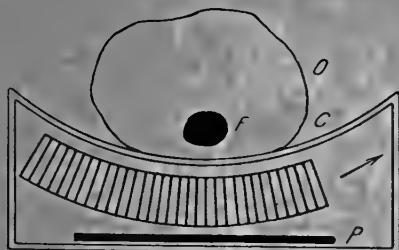


Fig. 3. Prinzip der bewegten Buckyblende.

Das Prinzip der Buckyblende erläutert Fig. 2. *L* sei der Brennfleck, *O* das Objekt, *F* ein Fremdkörper in diesem, *P* sei die Platte oder der Leuchtschirm. Zwischen *O* und *P* ist nun ein System von Bleiblechstreifen *B* angeordnet, die alle so gestellt sind, daß sie nur den direkt von der Lichtquelle *L* ausgehenden Strahlen den Durchgang gestatten. Alle Streustrahlung des Objektes, wie z. B. die vom Punkte *A* ausgehende, die bei Abwesenheit der Bleibleche *B* einen Schlagschatten des Fremdkörpers *F* auf der Platte *P* erzeugen würde, kann dank der Bleibleche nicht nach der Platte gelangen — es sei denn in einer Richtung, die derjenigen der Primärstrahlen parallel läuft. Im letzteren Falle addiert sich also die Wirkung der Streustrahlen nutzbringend zu der der Primären.

Bei der praktischen Ausführung der Buckyblende sind zwei Systeme derartiger Bleiblechstreifen kreuzweise angeordnet, um die Wirkung zweidimensional auszuüben. Aus diesem Grunde hat die Blende den Namen „Wabenblende“ erhalten. Die Bleibleche zeichnen sich naturgemäß auf der Platte oder dem Leuchtschirm als rechtwinkliges Raster ab. Dieser geringe Nachteil wird indessen gegenüber der außerordentlichen

Steigerung der Schärfe des Bildes vom Arzt gern in Kauf genommen; besonders bei Durchleuchtung mit dem Schirm spielt die Störung nur eine geringe Rolle, von der man sich durch eine geringe Verschiebung des Objektes oder Patienten *O* leicht weitgehend befreien kann. Die Buckyblende hat daher für die Durchleuchtung mit dem Schirm weiteste Verbreitung gefunden.

Demgegenüber erschien es wünschenswert, bei der Röntgenaufnahme, wo eine Verschiebung des Objektes gegen die Platte nicht angängig ist, die Abbildung des Rasters zu unterdrücken. *Bucky* löste in sehr glücklicher Weise diese Aufgabe durch Bewegung der Blende selbst während der Aufnahme. Zu diesem Zwecke mußte die Blende noch etwas umgestaltet werden. Solange nämlich die Blende aus einem Kreuzgitter besteht, ist es durch keinerlei Bewegung möglich, dasselbe vollkommen zum Verschwinden zu bringen. Aus diesem Grunde verwendete *Bucky* nur ein einfaches System von Bleiblechen, die, viel dichter als bei

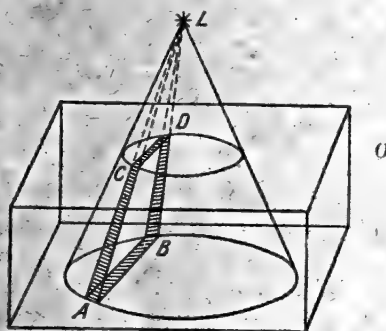


Fig. 4. Zur Wirkungsweise der Buckyblende.

der Wabenblende gelagert, auf einem runden Rahmen angeordnet sind (Fig. 3), der sich auf Schienen führbar durch einen Mechanismus einige Zentimeter weit konzentrisch um den Brennfleck *L* drehen läßt. Der Patient ruht während der Aufnahme auf einem gebogenen Lager *C* zwischen Röntgenrohr und Blende. *P* stellt die Platte dar.

Es könnte nun eingeworfen werden, daß die Streustrahlung hier ja nur in der einen Dimension, also unzureichend, unterdrückt wird; da das Gitter einfach, aber nicht gekreuzt ist. An Hand der Fig. 4 werden wir sehen, daß dieser Einfluß verschwindend klein ist. Ein kreisförmig ausgeblendetes Röntgenstrahlbündel durchsetze ein Objekt *O*. Das von den Primärstrahlen durchstrahlte Raumgebiet desselben ist ein Kegelstumpf. Wir betrachten nun einen schmalen Streifen *AB* am Boden. Da von jedem Punkte des Kegelstumpfs Streustrahlung ausgeht, so wird dem Streifen *AB* von allen Punkten des Kegelstumpfs aus Streustrahlung zugestrahlt. Durch zwei Bleibleche wird nun aber erreicht, daß der Streifen *AB* nur von solcher Streustrahlung getroffen wird, die aus dem Bereich *ABCD* herkommt. Da dieser Bereich aber durch hin-

reichend dichte Anordnung der Bleiblechstreifen praktisch beliebig klein gemacht werden kann im Vergleich zum Kegelstumpfvolumen, so ist offenbar durch die Anordnung einfacher, ungekreuzter Bleiblechstreifen die Streustrahlung bereits so weitgehend ausgeschaltet, daß durch kreuzweise Anordnung nur noch ein unwesentlicher Vorteil erzielt werden könnte.

Erklärung von Erscheinungen.

Mit Hilfe der Streustrahlung lassen sich eine Anzahl Erscheinungen erklären, von denen wir im folgenden zwei besprechen wollen.

a) *Das Pneumoperitoneum.* Wird von vorn her eine Aufnahme des Unterleibs gemacht, so erscheinen feinere Gebilde, wie z. B. der Darm, unscharf auf der Platte. Bläst man nun zwischen der Bauchdecke und den Darm Gas ein, ein Verfahren, das heute in der Medizin oft angewandt wird, hebt man also die fettreichen Massen der Bauchdecke von den dahinter liegenden feineren Gebilden ab, so zeichnen sich die letzteren auf der photographischen Platte schärfer ab. Mitbestimmend wirkt hier der Umstand, daß wir es hier nicht allein mit einer Lichtquelle zu tun haben, sondern mit zweien. Die eine ist die

mes erscheint wie eine einfarbige Masse. Man kann sogar beim Hin- und Herschieben des Glasfuges das Wandern der Schlagschatten beobachten.

b) *Die Janusschen Randstreifen.* Macht man eine Aufnahme eines für Röntgenstrahlen wenig durchlässigen Objektes, so erscheinen bisweilen die Randpartien seines Schattens auf der photographischen Platte schwach belichtet. Die Erscheinung wurde von Janus⁸⁾ zweifellos richtig dahin gedeutet, daß diejenigen Röntgenstrahlen, die an dem der Röntgenplatte unmittelbar aufliegenden, Schatten spendenden Körper vorbeigleiten, den Kassettenboden zum Sekundärstrahler machen, so daß dieser die von vorn unbelichteten Teile der Platte von hinten belichtet und schwärzt.

2. Therapie.

Wird menschliches Gewebe (oder ein Wasserphantom) von Röntgenstrahlen durchsetzt, so ist die absorbierte Energie maßgebend für die biologische Wirkung. Außer dieser absorbierten Pri-

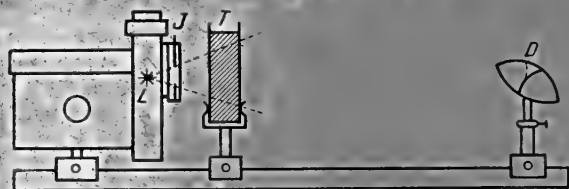


Fig. 5. Demonstrationsversuch zum Pneumoperitoneum nach Küstner und Meyer.

entfernte Antikathode der Röntgenröhre, die andere die den feinen Gebilden (Darm) unmittelbar benachbarte, sekundärstrahlende Bauchdecke. Die von ihr ausgehende Streustrahlung erzeugt auf der Platte Schlagschatten der feineren Gebilde und macht sie unkenntlich. Trennt man aber durch Gasblasen die störende Lichtquelle von den feineren Gebilden, so wird die Bildung der Schlagschatten vermindert und die Feinheit der Kontraste erhöht. Mit überraschender Deutlichkeit kann man das optisch demonstrieren⁷⁾. Als Darm dient ein Stück aufgewickelter, rotes Gelatinepapier *D* (Fig. 5). Bringt man es in den Lichtkegel einer Bogenlampe *L*, so erscheinen alle Ränder desselben in scharfem Kontrast auf dem Projektionsschirm. Stellt man nun zwischen die Bogenlampe und das Gelatinepapier einen planparallelen Glastrog *T*, der Wasser mit etwas Milch enthält, so dient dieser als Sekundärstrahler und kann die Bauchdecke ersetzen. Bringt man ihn in die Nähe der Bogenlampe, so stört er die Kontraste des Bildes nur wenig. Nähert man ihn aber um ein kleines Stück dem Gelatinepapier, so verschwinden die Kontraste vollständig; das Schattenbild des Dar-

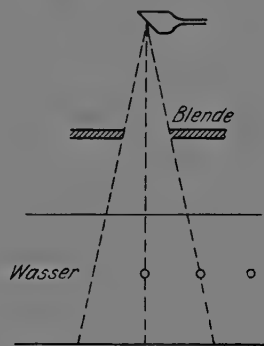


Fig. 6. Zur Erläuterung des Streustrahlungszusatzes.

märstrahlung gelangt aber auch die im Körper selbst zerstreute Strahlung teilweise zur Absorption und trägt so zur Erhöhung der biologischen Wirkung bei. Der auf sie entfallende Anteil heißt *Streustrahlungszusatz*.

Hinsichtlich der Verteilung dieser Streustrahlung müssen wir drei Fälle unterscheiden (Fig. 6):

a) Alle die Punkte, die axial im Strahlenkegel liegen. Jeder solche axial gelegene Punkt wird von links und rechts von gleichviel Streustrahlung getroffen; es herrscht Symmetrie.

b) Alle Punkte, die am Rande des Strahlenkegels liegen, empfangen zwar von ebenso viel Punkten aus Streustrahlung wie axial gelegene Punkte; aber die durchschnittliche Entfernung, aus der die Streustrahlung diesen Randpunkten zugestrahlt wird, ist größer als im Falle a), und deshalb ist die Intensität der Streustrahlen für Randpunkte geringer als für axial gelegene.

c) Alle Punkte, die außerhalb des Strahlenkegels liegen, empfangen zwar von ebenso viel Punkten aus Streustrahlung wie axial gelegene oder Randpunkte; aber die durchschnittliche Entfernung, aus der ihnen diese Streustrahlung zu-

⁷⁾ Küstner und Meyer, Fortschr. a. d. Geb. d. R. Str. 29, 551, 1922.

⁸⁾ Janus, Fortschr. a. d. Geb. d. R. Str. 26, 200, 1918.

gestrahlt wird, ist noch größer als bei den Randpunkten, und deshalb wird die Intensität der Streustrahlung in einem Punkte um so kleiner, je weiter dieser von dem Strahlenkegel entfernt liegt.

Je größer der Querschnitt eines Strahlenbündels ist, desto größer muß auch die Intensität sein, die irgendeinem Punkte innerhalb oder außerhalb des Strahlenkegels zugestrent wird; denn je größer der durchstrahlte Rauminhalt ist, desto zahlreicher sind die als Quellen von Streustrahlung anzusprechenden Punkte dieses Kegels, die einem anderen Punkte die Streustrahlung zustrahlen. Diese Tatsache sowie die Verteilung des Streustrahlungszusatzes innerhalb und außerhalb des bestrahlten Kegels bringen sehr schön die von *Friedrich* aufgenommenen Kurven zum Ausdruck (Fig. 7). *Friedrich* hat bei einem Einfallsfelde von 4×4 , 8×8 und 12×12 cm² ein Wasserphantom durchstrahlt und die Intensität von der Mitte des durchstrahlten Gebietes bis zu

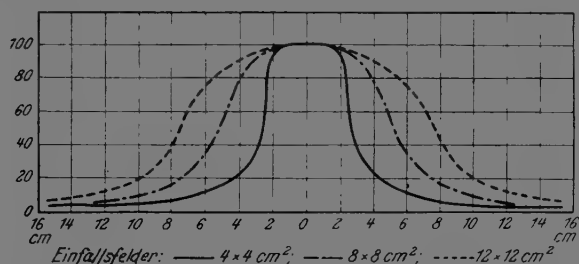


Fig. 7. Verteilung der Röntgenstrahlung infolge der Streustrahlung innerhalb und außerhalb des Strahlenkegels nach *Friedrich*.

einer Entfernung von 16 cm von dessen Mitte aus ionometrisch gemessen. Die Kurven zeigen deutlich, daß die Intensität in der Mitte des durchstrahlten Feldes am größten ist, nach dem Rande zu abfällt, und daß noch weit über die Grenzen des durchstrahlten Feldes hinaus gestreute Intensität ionometrisch nachweisbar ist. Auch zeigt sich, daß die Intensität derselben um so größer ist, je größer der Querschnitt (oder der Rauminhalt) des durchstrahlten Feldes ist.

Die Dosierung der Röntgenstrahlung bietet dem Arzte, eben wegen des Streustrahlungszusatzes, erhebliche Schwierigkeiten. Ein Fehlgriff ist hier um so verhängnisvoller, weil eine Unterdosierung leicht eine Reizdosis sein, d. h. das krankhafte Gewebe zum Wachstum anregen kann, während eine Überdosierung oft eine Verbrennung zur Folge hat. Dabei sind die zulässigen Grenzen keineswegs weit gezogen. Man hat daher verschiedene Hilfsmittel geschaffen, die dem Arzt über die Größe des Streustrahlungszusatzes je nach der verwendeten Größe des Einfallsfeldes und dem Volumen des Streustrahlungsbereichs Aufschluß geben sollen über die Gesamtintensität am Krankheitsherde.

Am einfachsten liegen die Dinge dort, wo es möglich ist, die Intensität der Strahlung am Krankheitsherd selbst zu messen. Diese Möglichkeit ist aber leider nur auf vereinzelte Fälle be-

schränkt. So läßt sich die Intensität z. B. beim weiblichen Ovar messen, indem man eine kleine Ionisierungskammer von Fingerhutgröße in die Scheide einführt, wie das *Friedrich* und *Krönig*⁹⁾ angegeben haben. Ein Meßgerät, das mit solcher Ionisierungskammer ausgerüstet ist, ist z. B. das „Iontoquantimeter“ von *Reiniger*, *Gehbert* & *Schall* und das „Röhrengalvanometer“ von *Siemens* & *Halske*.

Schwieriger sind aber die Fälle, in denen man nicht am Krankheitsherde selbst messen kann. Man bedient sich dann sog. „Phantome“. Wie wir später sehen werden, ist Wasser ein bequemes und gutes Phantom, weil die Absorptions- und Streuungsverhältnisse bei ihm denen des menschlichen Gewebes sehr nahe kommen. Man ersetzt den menschlichen Körper durch ein „Wasserphantom“, d. h. ein mit Wasser gefülltes Gefäß, mißt mit der Fingerhutkammer an einer dem Krankheitsherde entsprechenden Stelle unter der Wasseroberfläche und überträgt die Meßergebnisse auf den menschlichen Körper unter der Annahme, daß man am Krankheitsherde dasselbe gemessen haben würde, wenn er der Messung zugänglich wäre.

Um dem Arzte die zeitraubende Phantommessung zu sparen, sind, besonders von *Dessauer*¹⁰⁾, die Ergebnisse von Phantommessungen graphisch oder tabellarisch festgelegt worden. Die Übertragung der an einem fremden Instrumentarium, also unter anderen Bedingungen, aufgenommenen Daten auf das eigene bringt aber naturgemäß Fehlerquellen mit sich, die bei eigener Phantommessung ausgeschaltet sind.

Die Ausnutzung der Streustrahlung.

Es mögen noch zwei Fälle behandelt werden, in denen man versucht hat, aus der Streustrahlung Nutzen zu ziehen. Das ist:

1. der „Strahlensammler“ von *Chéaul*. Es werden, z. B. bei einer Bestrahlung der weiblichen Brust, Paraffinmassen neben die Brust gebracht. Strahlen, die sonst ungenutzt neben der Brust vorübergegangen wären, werden so in Form von Streustrahlung der Brust zugeführt.

2. die „Konvergierung von Röntgenstrahlen“ von *Rahm*¹¹⁾. Ein Streustrahler (Paraffinblock) im Verein mit einer Wabenblende besonderer Fertigung dient dazu, eine Linse, die es für Röntgenstrahlen nicht gibt, zu ersetzen und diese gleichsam wie in einem Brennpunkte am Krankheitsherde zu konzentrieren. Paraffinblock *P* und Wabenblende *B* werden zwischen Röntgenrohr *L* und Patienten geschaltet (Fig. 8). Der Paraffinblock *P* dient als Streustrahler und die Wabenblende *B* sorgt dafür, daß außer dem Zentralstrahl von der Primärstrahlung gar keine Strahlung, und von der Streustrahlung nur solche

⁹⁾ *Friedrich* und *Krönig*, Physikalische u. biolog. Grundlagen der Strahlentherapie. Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1918, S. 72 ff. u. 138 ff.

¹⁰⁾ *Dessauer* und *Vierheller*, ZS. f. Phys. 4, 131, 1921. *Dessauer* und *Warnekros*, Strahlentherapie 11, 3, 1921.

¹¹⁾ *Rahm*, Klinische Wochenschr. 1 (H. 40), 1998, 1922.

wieder Austritt aus dem Paraffinblock findet, die nach dem „Brennpunkt“ F gerichtet ist.

Quantitatives über Absorption und Streuung.

Unsere bisherigen Aussagen waren im wesentlichen qualitativer Natur. Es sind in neuerer Zeit aber Messungen über Absorption und Streuung vorgenommen worden, die uns die Grundlage für quantitative Schlußfolgerungen liefern. Alle diese Untersuchungen wurden an spektral zerlegtem, also streng monochromatischem Röntgenlicht ausgeführt; dies geschah von verschiedenen Autoren, nämlich *Richtmyer*¹²⁾, *Hewlett*¹³⁾ und *Duane* und *Mazumder*¹⁴⁾, und zwar unabhängig von einander. Trotzdem ist die Übereinstimmung ihrer

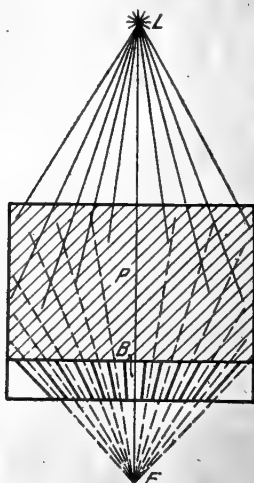


Fig. 8. „Konvergenz“ von Röntgenstrahlen nach Rahm.

Ergebnisse so ausgezeichnet, daß man sie als Präzisionsmessungen ansprechen kann. Trägt man nämlich die Ergebnisse der verschiedenen Forscher in ein Raster ein, so liegen die Punkte alle ungezwungen auf glatten Kurven. Die Messungen erstrecken sich über den ganzen Wellenlängenbereich der Tiefentherapie und auf alle für menschliches Gewebe und für Filter in Frage kommenden Elemente. Es mag auch erwähnt werden, daß diese Messungen der Absorption und Streuung unabhängig sind von der umstrittenen Frage nach der Abhängigkeit der Empfindlichkeit der Ionisationskammer von der Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Die nebenstehende Tabelle 1 gibt die Formel und die Zahlenwerte wieder, die man erhält, wenn man den Schwächungskoeffizienten μ durch die Dichte ρ des durchstrahlten Mediums dividiert. Man nennt diesen Wert μ/ρ den Schwächungskoeffizienten pro Masseneinheit oder den Massenschwächungskoeffizienten. Kennt man diese Zahlenwerte, und kennt man außerdem die chemische Formel für irgendeine Substanz, so kann man aus diesen Daten den Massenschwä-

chungskoeffizienten für die betreffende Substanz berechnen¹⁾. Während die untenstehende Tabelle die für Kohlenstoff, Aluminium, Kupfer und Wasser von den oben genannten Autoren gemessenen Zahlenwerte liefert, hat der Verfasser die Zahlenwerte für Blut, Fettgewebe, Muskel, Knochen und Luft, berechnet. Die Tabelle lehrt drei sehr wichtige Tatsachen:

1. die Absorption pro Masseneinheit ist proportional der dritten Potenz der Wellenlänge λ , also gleich $A \cdot \lambda^3$, wo A eine Konstante ist.
2. die Streuung σ pro Masseneinheit ist unabhängig von der Wellenlänge, also gleich $\frac{\sigma}{\rho}$.

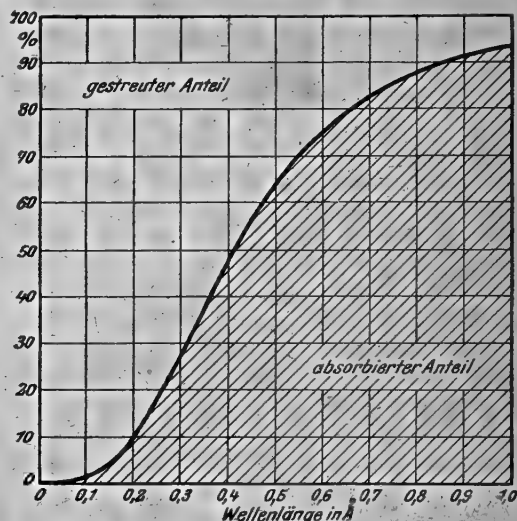


Fig. 9. Gestreuter und absorbiert Anteil in Abhängigkeit von der Wellenlänge für Wasser oder menschliches Gewebe in Prozenten der Gesamtschwächung nach Küstner.

Tabelle 1.

Massenschwächung = Massenabsorption + Massenstreuung.

Medium	$\frac{\mu}{\rho} = A \lambda^3 + \frac{\sigma}{\rho}$	Herkunft d. Zahlenwerte
Kohlenstoff.....	$1,0 \lambda^3 + 0,18$	gemessen von Richtmyer und Hewlett
Aluminium.....	$14,5 \lambda^3 + 0,16$	
Kupfer.....	$147 \lambda^3 + 0,50$	
Wasser.....	$2,5 \lambda^3 + 0,18$	
Blut.....	$2,5 \lambda^3 + 0,18$	berechnet vom Autor
Fettgewebe.....	$1,6 \lambda^3 + 0,18$	
Muskel.....	$2,2 \lambda^3 + 0,18$	
Knochen.....	$11 \lambda^3 + 0,18$	
Luft.....	$2,6 \lambda^3 + 0,17$	

3. die Berechnung für Blut führt zu denselben Zahlenwerten wie die Messung von Wasser, und die Zahlenwerte, die die Rechnung für Fettgewebe und für Muskeln liefern, liegen ebenfalls sehr nahe bei denen von Wasser. Hieraus folgt, daß tatsächlich Wasser ein außerordentlich gut geeignetes Phantom ist, worauf schon *Friedrich* hingewiesen hat;

4. die Rechnung für Luft führt zu ange-nähert denselben Zahlenwerten wie bei Blut. Dies

¹⁾ Vgl. z. B. *Glocker*, Phys. Z. 19, 72, 1918.

¹²⁾ *Richtmyer*, Phys. Rev. (2) 17, 264, 1921, Nr. 2. Phys. Ber. 1921, 644.

¹³⁾ *Hewlett*, Phys. Rev. (2) 17, 284, 1921, Nr. 2. Phys. Ber. 1921, 773.

¹⁴⁾ *Duane* und *Mazumder*, Proc. Nat. Acad. Amer. 8, 45, 1922, Nr. 3. Phys. Ber. 1922, 689.

deutet mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß die Ionisierung im menschlichen Gewebe nahezu dieselbe Abhängigkeit von der Wellenlänge zeigen wird wie die Empfindlichkeit der Ionisierungskammer.

Aus den Tatsachen 1 und 2 müssen wir aber noch eine andere, außerordentlich wichtige Schlußfolgerung ziehen. Betrachten wir hierzu das Beispiel des Aluminiums. Es möge sich zunächst um eine sehr weiche Strahlung, z. B. 1 A handeln. Dann wird $\lambda^3 = 1$, die Massenabsorption wird also 14,5 und ist groß gegen die Massenstreuung 0,16. Ist dagegen die Strahlung sehr hart, beträgt sie z. B. 0,1 A, so wird $\lambda^3 = 0,001$; dann ist also die Massenabsorption 0,0145 klein gegen die Massenstreuung 0,16. D. h. Bei sehr weicher Strahlung ist die Absorption sehr groß gegen die Streuung, bei sehr harten Strahlen ist das Umgekehrte der Fall, hier wird fast alle Strahlungsenergie, die dem Primärstrahl durch Schwächung entzogen wird, gestreut, und nur ein sehr geringer Teil wird absorbiert. Berechnen wir uns die Verhältnisse für Wasser, das, wie wir eben sahen, ein sehr guter Ersatz für menschliches Gewebe ist, so erhalten wir nebenstehende Kurve (Fig. 9). Sie zeigt uns, daß bei 0,7 A etwa 83 % absorbiert und 17 % gestreut werden; demgegenüber werden bei einer Wellenlänge von 0,13 A, welche bei 200 kV und bei 1 mm Kupferfilterung in unserem Strahlengemisch am meisten vorherrscht, etwa 97 % gestreut und nur noch 3 % absorbiert. Für noch härtere Strahlen wird der gestreute Bruchteil noch größer, der absorbierte noch kleiner. Für die Therapie stellt das erneut eine Mahnung dar, wie sie schon von Großmann¹⁵⁾ aus anderen Gründen ausgesprochen wurde, nicht zu hoch in der Spannung zu gehen, da ja nur dort, wo Energie absorbiert wird, biologische Wirkung vorhanden sein kann. Für die Diagnostik lehrt uns die Kurve, daß wir so weich als nur möglich arbeiten sollen, weil dann einerseits die Streuung geringer ist und die Aufnahme schärfer wird, andererseits die Absorption größer ist, was den Kontrastreichtum erhöht.

Anwendung auf Filter.

Während früher, als man mit weniger hohen Spannungen arbeitete, die Filter im wesentlichen durch ihre Eigenschaft, zu absorbieren, charakterisiert waren, tritt heute bei den wesentlich höheren Spannungen und Härtegraden der Röntgenstrahlen die Eigenschaft der Filter, als Streustrahler zu wirken, in den Vordergrund. Es sollen daher die fundamentalen Unterschiede in der Wirkungsweise der Filter für die Tiefentherapie besprochen werden, und zwar auf der Grundlage der eben genannten Präzisionsmessungen über Absorption und Streustrahlung. Wir vernachlässigen zunächst den Umstand, daß die Antikathode eines Röntgenrohres auch ein charakteristisches Linienspektrum aussendet, und beschränken uns vor-

läufig auf die Betrachtung ihres kontinuierlichen Spektrums. Dieses ist meines Wissens bisher für Spannungen bis 161 kV gemessen worden. Die Messungen werden ausgezeichnet durch eine Formel von Behnken¹⁶⁾ dargestellt. Wir wollen diese Formel benutzen, um uns das kontinuierliche Spektrum bis zu Spannungen von 200 kV zu berechnen. Das Ergebnis zeigt die Fig. 10 für 50, 100, 150 und 200 kV. Die Kurven lassen die bekannten Tatsachen erkennen, daß mit Steigerung der Spannung einerseits das kurzwellige Ende des kontinuierlichen Röntgenspektrums, andererseits das Maximum der Kurve, d. h. die in unserem Strahlengemisch am meisten vorherrschende Wellenlänge, in Richtung kürzerer Wellenlänge verschoben wird, und daß schließlich die gesamte Intensität der Strahlung, die durch den Flächeninhalt jeder Kurve dargestellt wird, mit zunehmender Spannung steigt. Wir wollen uns nun berechnen, welchen Einfluß die Anwendung verschiedenartiger Homogenisierungsfilter auf die spektrale Verteilung bei 200 kV ausübt.

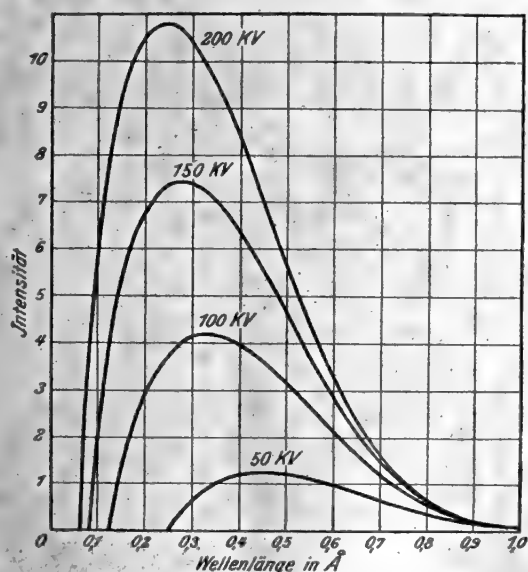


Fig. 10. Das kontinuierliche Röntgenspektrum, extrapoliert nach der Formel von Behnken für verschiedene Scheitelspannungen.

Wenn wir uns auch bewußt sind, daß infolge der Extrapolation mit Hilfe der Formel Behnkens die erhaltenen Kurven nur eine Näherung der Wirklichkeit darstellen können, so wird dennoch durch unsere Betrachtungen der wahre Verlauf der Kurven zweifellos im Prinzip richtig wiedergegeben werden.

Die Fig. 11 zeigt außer dem Verlauf der ungefilterten Kurve bei 200 kV den Verlauf der Kurve bei 1 mm Kupferfilterung. Außerdem sind noch die Kurven eingezeichnet, die wir erhalten, wenn wir solche Aluminium- und Kohlefilter verwenden, daß die Intensitätsschwellenwerte die gleiche Höhe besitzen wie bei 1 mm Kupferfilterung. Das Ergebnis lehrt:

¹⁵⁾ Großmann, Fortschr. a. d. Geb. d. R. Str. 29, 337, 1922.

¹⁶⁾ Behnken, ZS. f. Phys. 4, 241, 1921; ZS. f. techn. Phys. 2, 153, 1921.

a) Bei 1 mm Kupfilterung erhält man einen schmalen Spektralbereich zwischen etwa 0,1 und 0,3 Å. Weichere Strahlen als 0,3 Å kommen praktisch nicht vor. Das Intensitätsmaximum liegt bei 0,13 Å.

b) Bei Aluminium ist der Anteil an harter Strahlung geringer, der an weicher viel größer. Das Intensitätsmaximum liegt bei 0,16 Å. Die weichsten Komponenten erstrecken sich bis etwa 0,4 Å.

c) Beim Kohlefilter ist die Intensitätsverteilung fast dieselbe wie bei der ungefilterten Strahlung. Die Durchlässigkeit für die weichen Strahlen ist außerordentlich groß. Das Maximum der Intensität liegt etwa bei 0,2 Å, die weichste Komponente beträgt etwa 0,7 Å.

Betrachtungen schließen: Will man den Zweck einer Filterung konsequent durchführen, d. h. will man durch die Filterung erreichen, daß das Strahlungsgemisch auf einen möglichst engen Spektralbereich zusammengedrängt wird, so wird man am zweckmäßigsten als Filter Kupfer oder das ihm im periodischen System benachbarte Zink verwenden. Das gilt auch dann, wenn man weniger hart arbeiten will. Unter Beibehaltung von Kupfer oder Zink als Filter wählt man dann die Spannung entsprechend niedriger und die Röhrenstromstärke höher. Die Anwendung von Aluminium hingegen ist unzweckmäßig, da man damit das beabsichtigte Ziel nur unvollkommen erreicht. Sie ist auch unbegründet, weil, wie Friedrich und Krönig¹⁷⁾ gezeigt haben, eine schädigende Wir-

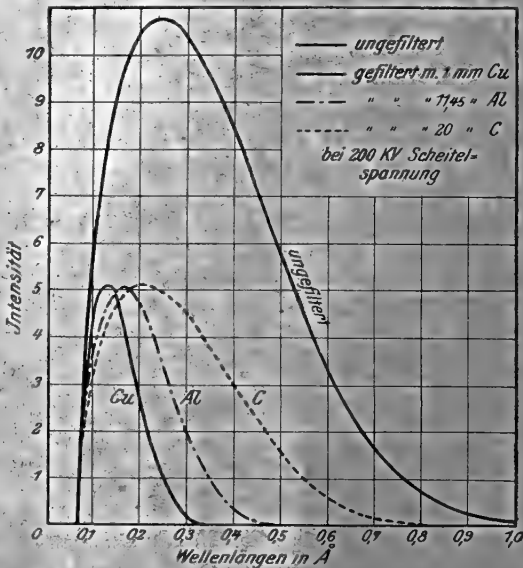


Fig. 11.

Das kontinuierliche Röntgenspektrum bei 200 kV Scheitelspannung für verschiedene Filtermaterialien und Filterdicken nach Küstner.

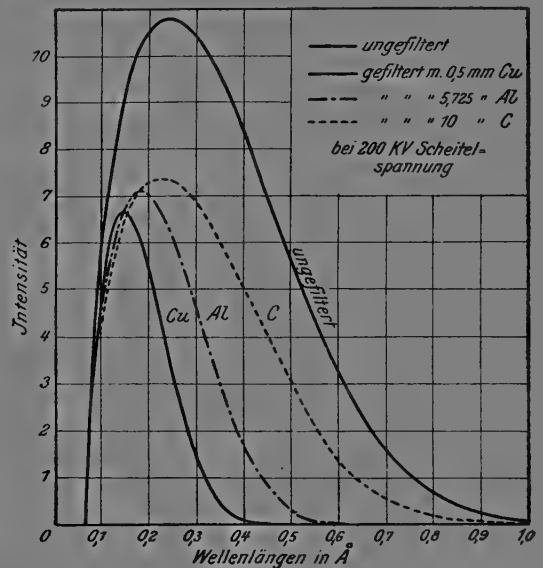


Fig. 12.

Für die halben Filterstärken erhält man die Kurvenzüge der Fig. 12.

Die verschiedene Wirkungsweise der einzelnen Filter wird allein durch ihre Eigenschaft bestimmt, zu absorbieren und zu streuen. So ist z. B. das Verhältnis

$$\frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{gestreute Energie}} = \frac{A \lambda^3}{\sigma} \cdot \frac{1}{\rho}$$

für $\lambda = 0,3 \text{ Å}$ oder $\lambda^3 = 0,027$

bei Kohle $\frac{1,0 \cdot 0,027}{0,18} = 0,15$

bei Aluminium $\frac{14,5 \cdot 0,027}{0,16} = 2,4$

bei Kupfer $\frac{147 \cdot 0,027}{0,5} = 8,0$

Hierauf beruht auch der Umstand, daß man nichts mehr gewinnt, wenn man statt Kupfer ein Element höheren Atomgewichts als Filter verwendet. In der Tat deckt sich z. B. die äquivalente Kurve für Molybdän fast genau mit der des Kupferfilters. Wir müssen also aus unseren

kung durch charakteristische Strahlung des Kupferfilters nicht zu befürchten ist.

In Wirklichkeit ist dem kontinuierlichen Spektrum die charakteristische Eigenstrahlung der Antikathode überlagert. Die intensivste Linie dieser Eigenstrahlung liegt für eine Wolframantikathode bei 0,21 Å, für eine Platinantikathode bei etwa 0,19 Å. Über das Verhältnis der Intensität dieser Linien zur kontinuierlichen Gesamtintensität ist leider bisher nichts Hinreichendes bekannt. Wir wollen das Linienspektrum der Antikathode deshalb nicht in unsere Betrachtungen einschließen.

Daß die Betrachtungen über verschiedene Filterwirkungen zu Recht bestehen, bestätigen sehr schön Messungen von Duane¹⁸⁾ (Fig. 13), die dem Verfasser erst nachträglich bekannt wurden. Sie sind bei 161 kV (1 MA) ausgeführt und zeigen das kontinuierliche und das Linienspektrum einer Wolframantikathode unter Filterung einmal mit

¹⁷⁾ Friedrich und Krönig l. c., S. 252 ff.

¹⁸⁾ Duane, Journ. of Röntgenology 1922, Heft 3 u. ff.

1 mm Kupfer und einmal mit 12 mm Aluminium. Der Unterschied in der Lage des Maximums und im Anteil an weicher Strahlung tritt hier sehr schön zutage.

Erklärung von Erscheinungen und Auftreten von Meßfehlern durch Streustrahlung.

Ebenso wie bei der Diagnostik, so lassen sich auch bei der Therapie Erscheinungen, ja sogar auch Fehler durch die Streustrahlung erklären. Wir erwähnen:

1. Die prozentuale Tiefendosis. Unter prozentualer Tiefendosis versteht man bekanntlich das Verhältnis der Ionisierung 10 cm unter der Wasseroberfläche zur Ionisierung an der Oberfläche selbst. Nun hat Großmann¹⁹⁾ gezeigt (Fig. 14), daß die prozentuale Tiefendosis für Spannungen über 150 kV nahezu unabhängig von der Spannung wird; d. h. durch weitere Spannungssteigerung läßt sich eine Erhöhung der prozentualen Tiefendosis praktisch nicht mehr erzielen. Das Ergebnis wird verständlich, wenn wir beachten, daß bei Verwendung von 1 mm Kupferfilter oder

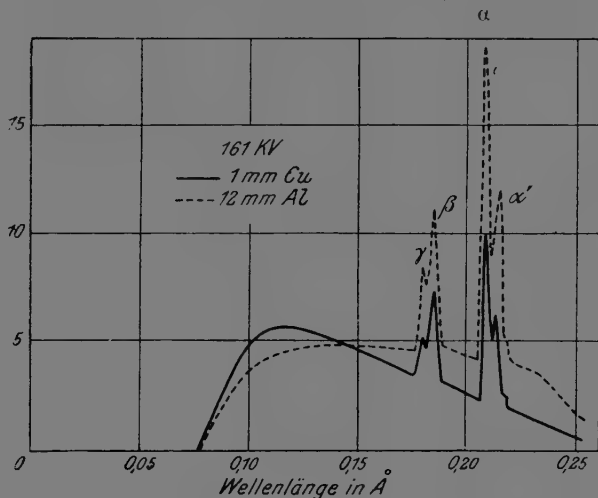


Fig. 13. Das Röntgenspektrum der Wolframantikathode bei Filterung mit 1 mm Kupfer bzw. 12 mm Aluminium nach Duane.

mehr die mittlere Härte des Strahlungsgemisches so groß ist, daß die Schwächung der Strahlung auf dem Wege von der Wasseroberfläche bis zur Tiefe von 10 cm fast allein durch Streuung hervorgerufen wird, welche aber von der Wellenlänge oder, was dieser entspricht, von der angelegten Spannung unabhängig ist.

2. Der Homogenitätspunkt. Um zu untersuchen, ob ein Strahlungsgemisch homogen ist, bedient man sich im allgemeinen der Filtermethode. Filtert man eine monochromatische Röntgenstrahlung, indem man sukzessive immer mehr Filter der gleichen Dicke in ihren Weg bringt, so wird durch Hinzufügen jedes einzelnen Filters die Intensität der Strahlung immer um denselben Prozentsatz geschwächt. Filtert man aber ein Strahlungsgemisch, so muß man, will man die Intensität der Strahlung durch Hinzufügung je eines Filters in jedem Falle um denselben Prozentsatz

schwächen, die Dicke der Filter immer größer wählen. Denn beim Durchdringen des ersten Filters sind vorzugsweise die weicheren Anteile des Strahlungsgemisches absorbiert worden. Es ist also im Mittel härter geworden, und dasselbe wiederholt sich bei jedem weiteren Filter. Die Erfahrung lehrt nun aber, daß man, nachdem man eine größere Anzahl Filter zunehmender Stärke in den Weg des Röntgenlichtstrahls gebracht hat, die Dicke der Filter nicht mehr zu erhöhen braucht, um die Intensität um den gleichen Prozentsatz zu schwächen. Man hat hieraus den Schluß gezogen, daß die Strahlung alsdann praktisch monochromatisch sei. In Wirklichkeit ist diese Schlußweise falsch. Ist nämlich das Strahlungsgemisch zwar keineswegs monochromatisch, wohl aber so hart oder kurzweilig geworden, daß seine weitere Schwächung praktisch allein durch die Streuung der Filter hervorgerufen wird, so muß die prozentuale Schwächung unabhängig von der Härte sein, da die Streuung, wie wir oben sahen, von der Härte unabhängig ist. In Wirklichkeit sagt die Filtermethode also gar nichts darüber aus, von wann ab die Strahlung „praktisch homogen“ ist, sondern allein darüber, von wann ab die Absorption klein wird gegen die Streustrahlung. Man mißt also nichts anderes als eine Filtereigenschaft. Wir müssen aus dieser Überlegung zwei Folgerungen ziehen: Einmal, daß wir bei Verwendung verschiedenen Filtermaterials (z. B. ein-

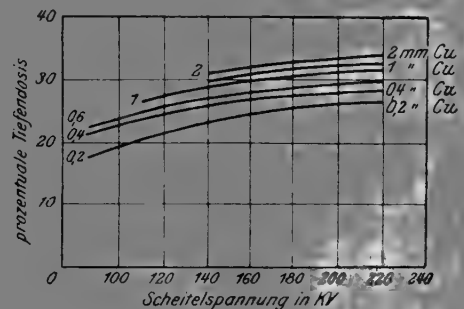


Fig. 14. Die prozentuale Tiefendosis nach Großmann. (Einmal Kupfer, einmal Kohle) verschiedene Homogenitätspunkte erhalten werden. Andererseits ist zu erwarten, daß für zwei sehr harte Strahlungen, von denen die eine monochromatisch, die andere aber ein Strahlungsgemisch ist, die Filtermethode denselben Homogenitätspunkt liefert, sofern nur die beiden Strahlungen so hart sind, daß die Absorption gegen die Streuung verschwindet²⁰⁾.

3. Wir wollen nun noch an die bekannte Tatsache erinnern, daß wir bei Absorptionsmessungen sehr falsche Ergebnisse erhalten können, wenn wir den Fehler begehen, daß wir das Filter unmittelbar vor der Ionisationskammer anordnen. In diesem Falle wird nämlich praktisch die gesamte Streustrahlung, die auf der der Lichtquelle abgewandten Seite aus dem Filter austritt, in die Ionisierungskammer fallen und in dieser mit zur Messung gelangen. Bringt man hingegen das Filter

¹⁹⁾ Großmann l. c.

²⁰⁾ Vgl. hierzu auch Holthausen, Phys. Z. 20, 5, 1919.

entfernt von der Ionisierungskammer an, so fällt nur ein verschwindend kleiner Teil dieser Streustrahlung in die Ionisierungskammer, und dieser Fehler darf vernachlässigt werden. — Wie Glocker²¹⁾ berechnet hat, ist der Einfluß der Streustrahlung auf das Ergebnis der Absorptionsmessung am kleinsten, wenn das Filter in der Mitte zwischen Antikathode und Ionisationskammer steht.

Der Ruthsspeicher.

Von H. Treitel, Berlin.

Ebenso wie die Gütererzeugung nicht nur Herstellungs-, sondern auch Transportaufgaben umschließt, bildet die Energieerzeugung eine Vereinigung von Herstellungs- und Transportvorgängen. Während aber beim Transport der Güter die Lagerung oder Speicherung eine sich von selbst ergebende Notwendigkeit bildet und die Volkswirtschaft krisenhafte Erscheinungen zeigt, wenn dieser Regulator versagt, ist die Speicherung für die Energieerzeugung eine Transportaufgabe, deren systematische Durchdringung der neueren Zeit vorbehalten geblieben ist. Bekannt sind die großartigen Stauanlagen für die Ausnutzung von Wasserkraften; jedermann kennt auch die Akkumulatoren zur Aufspeicherung elektrischer Energie. Noch nicht Allgemeingut ist hingegen der Überblick über die Speichermöglichkeiten für den wichtigsten Energieträger, den gespannten Wasserdampf.

In vielen Bergwerks- und Hüttenanlagen sind in den vergangenen zwölf bis fünfzehn Jahren Speicher aufgestellt worden, um den aus Fördermaschinen, Hämmern und Walzenzugmaschinen stoßweise ins Freie auspuffenden Dampf zu sammeln und in gleichförmigem Strom Niederdruckdampfturbinen zuzuführen. Der bekannteste dieser Speicher ist der Rateauspeicher; es ist ein mit heißem Wasser gefüllter Behälter, in den der Dampf in guter Verteilung eingeführt wird. Beim Laden kondensiert der Dampf unter Drucksteigerung, während beim Entladevorgang eine Verdampfung entsprechend den Sättigungstemperaturen stattfindet. Die Rücksicht auf den Gegendruck der vorgeschalteten Kolbendampfmaschinen und auf die Erhaltung eines möglichst großen Druckgefälles für die nachgeschaltete Dampfturbine läßt für den Rateauspeicher Druckschwankungen in den Grenzen von etwa 1,3 bis etwa 1,03 at abs. zu. Die Wirkung dieses Speichers hängt von einem sehr schnellen Ausgleich der verhältnismäßig geringfügigen Temperaturunterschiede ab. Um dieser Schwierigkeit zu entgehen, haben andere Erfinder die Speicherung in Wasser durch eine Raumspeicherung ersetzt, sei es mit veränderlichem Inhalt und konstantem Druck nach Art der Gasometer, sei es mit festem und entsprechend großem Inhalt bei variablem Dampfdruck. Diese Einrichtungen wirken aber nicht zurück auf die Erzeugung des

Dampfes. Seitdem man gelernt hat, Dampfturbinen zu bauen, bei welchen sich eine Frischdampfstufe selbsttätig einschaltet, sobald die Abdampfzufuhr aufhört, sind diese Einrichtungen an sich überflüssig geworden, wenn man sie nicht als Mittel zur Beruhigung unvollkommener Maschinensteuerungen und zur Verkleinerung der Maschinenabmessungen ansieht. Sie sind daher nicht geeignet, die Brennstoffzufuhr zu den Dampfkesseln unabhängig zu gestalten von den Schwankungen des Dampfbedarfes, und ihre Rolle ist nicht in Parallele zu stellen zu derjenigen der wirklichen Speicher bei der Gütererzeugung.

Als primitiver Behelf in dieser Richtung dient die Verwendung von Großwasserraumkesseln, die als Cornwallt- und Flammrohrkessel bekannt sind. Bei einer Inanspruchnahme, welche die jeweilige Wärmezufuhr übersteigt, sinkt der Dampfdruck; die Temperatur des Wasserinhalts ist höher als die Sättigungstemperatur bei dem niedrigeren Druck, und es findet eine entsprechende Verstärkung der Verdampfung aus dem großen Wasserinhalt statt, ohne daß eine gefährliche Absenkung des Wasserspiegels eintritt. In allen Industrien mit unregelmäßigem Dampfverbrauch findet man daher diese, sowohl in bezug auf die Leistung als auch auf die obere Druckgrenze stark beschränkte Kesselart, und man paßt sich den Verhältnissen des Betriebes durch geringe mittlere Belastung der einzelnen Kessel an. Die entsprechende Vermehrung der Kesseleinheiten führt zur Vervielfachung der Verluste durch Ausstrahlung, Undichtigkeiten, Sach- und Personalkosten, und sie enthebt trotzdem nicht von dem Zwange, die Feuerungen bei eintretenden Dampfspitzen zu „forcieren“, d. h. zeitweilig stärker zu beschießen. Jede Veränderung des Feuers erfordert aber eine neue Regelung des Luftüberschusses, und es ist unvermeidlich, daß bei jedem Übergang eine ungünstige Verbrennung, gleichbedeutend mit niedrigem CO₂-Gehalt der Rauchgase, stattfindet. Dampfspitzen in Betrieben mit Hochleistungskesseln, also solchen, mit kleinem Wasserinhalt, werden durch Zuschalten von Kesseln gedeckt, tieferen Einsenkungen in der Dampferzeugungskurve muß durch Außerbetriebnahme von Kesseln entsprochen werden. Alle diese Maßnahmen sind unweigerlich mit einer Verschlechterung der Wärmebilanz verknüpft, und es ist verwunderlich, daß nicht alle Bestrebungen in der Dampfwirtschaft auf einen wirksamen Ausgleich zwischen Zeiten des Dampfüberschusses und des Dampfmangets hingearbeitet und für dieses Kernproblem früher eine Lösung gezeitigt haben.

Dieses Verdienst gebührt Dr. Ruths in Stockholm, dessen Dampfspeicher in der Tat geeignet ist, dieses fehlende Glied zwischen Dampferzeuger und Dampfverbraucher zu bilden. Der unwiderlegliche Erfolg einer großen Anzahl von ausgeführten Anlagen läßt erwarten, daß in kurzer Zeit das Verständnis für die Wichtigkeit dieser Erfindung überall erwachen wird.

²¹⁾ Glocker, Phys. Z. 19, 249, 1918.

Die physikalische Grundlage für den Speichervorgang im Ruthsspeicher ist dieselbe wie für das Speichervermögen des Großwasserraumkessels und des Rateauspeichers. Zeitweilig überschüssiger Dampf wird in einem zylindrischen, gut isolierten Gefäß (vgl. Fig. 1) in Wasser eingeleitet. Für eine gleichmäßige Verteilung des Dampfes und einen schnellen Ausgleich der Temperaturen sorgen die in der Figur erkennbaren Düsen und Umlaufhülsen. Hierbei erhöht sich die bei dem vorangegangenen Entladevorgang gesunkene Temperatur des Wassers; der Druck steigt entsprechend der höheren Sättigungstemperatur bis zur oberen gewünschten Druckgrenze. Beim Entladen spielt sich der Vorgang umgekehrt derart ab, daß die Steuerungsorgane auf gleichbleibende Dampfent-

ersparnis entgegenstehen, fallen damit fort. Im Betrieb entfällt bei plötzlichem großem Bedarf an Dampf die Rücksichtnahme auf die Leistungsfähigkeit des Kesselhauses. Der Speicher erfüllt seine Aufgabe als Sammelager für den Dampf, ohne daß an der Erzeugungsstätte etwas verspürt wird und gestattet überall dort, wo bisher die Produktionsvorgänge verzögert werden mußten, eine Beschleunigung und damit eine Produktionssteigerung ohne Vermehrung oder Vergrößerung von Maschinen und sonstigen Anlageteilen. Hierin liegt aber der wirkliche Fortschritt auf industriellem Gebiet.

Das Verdienst von Dr. Ruths besteht aber nicht nur darin, diese Zusammenhänge erkannt und eine allgemeine Lösung der Aufgabe durch seinen Speicher angegeben zu haben, sondern ganz

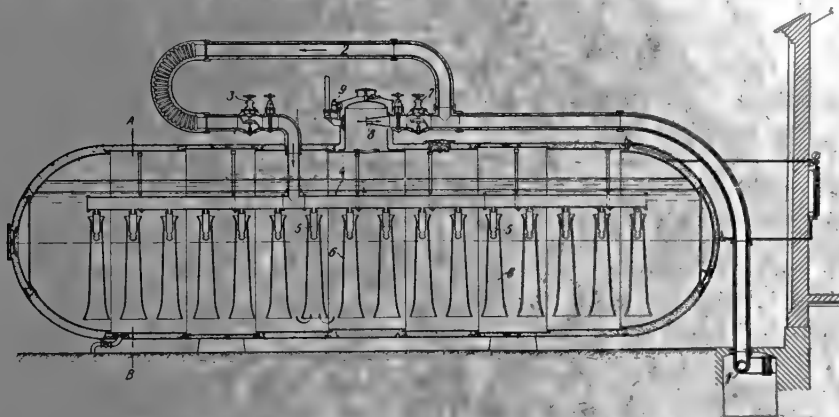


Fig. 1. Längsschnitt durch einen Ruthsspeicher.

A. Dampfraum. B. Wasserraum. 1. Vereinigte Lade- und Entladeleitung, die den Speicher mit dem Dampfnetz verbindet. 2. Ladeleitung. Nur im Sinne des Pfeiles von Dampf durchströmt. 3. Rückschlagventil, um ein Rückströmen entgegen der Pfeilrichtung in 2 zu verhüten. 4. Verteilungsrohr für den Speicherdampf. 5. Einblasedüsen. 6. Umlaufhülsen für den schnellen Temperatúrausgleich. 7. Rückschlagventil in der Entladeleitung; es schließt während des Ladevorganges durch den Unterdruck im Speicher und verhütet den Eintritt des Dampfes auf anderem Wege als durch das Verteilungsrohr. 8. Laval-Düse; zur Begrenzung der abströmenden Dampfmenge. 9. Sicherheitsventil.

nahme aus dem Kessel hinwirken, während die oberhalb des mittleren Bedarfes liegende Dampfmenge aus dem Speicher entnommen wird. Sinkender Dampfdruck führt zu einem Ausgleich der sich einstellenden Wasserüberhitzung durch Verdampfung. In die Dampfentnahmeleitung ist eine Laval-Düse eingeschaltet, welche die abströmenden Dampfgeschwindigkeit begrenzt und sich als zweckdienlich erwiesen hat, um auch sehr große plötzliche Dampfspitzen ohne Überkochen des Wasserinhaltes entnehmen zu können.

In betriebstechnischer Hinsicht spürt man den Vorteil selbsttätig konstant gehaltener Dampferzeugung sowohl im Kesselhaus als im Betrieb. Der Heizer braucht nicht mehr seine ganze Aufmerksamkeit auf die Anpassung der Brennstoffzuführung an die Dampflieferung zu richten, stets gewärtig, plötzlichen Änderungen gegenüberzustehen, sondern er kann sich ganz der Einhaltung des günstigsten Luftüberschusses widmen und alle Vorrichtungen ausführen, die zur Aufrechterhaltung der über längere Perioden einzustellenden Betriebsverhältnisse dienen. Die Hauptschwierigkeiten, die sonst einem gerechten Prämiensystem für Kohlen-

besonders darin, daß er seine Erfindung für den industriellen Gebrauch durch die Erprobung aller technischen Einzelheiten reif gemacht hat. Namentlich die Entwicklung der erforderlichen Regelorgane und Sicherheitsvorkehrungen bilden unerläßliche Voraussetzungen des Erfolges.

Die Loslösung des eigentlichen Dampferzeugers von dem Dampfsammler ist rudimentär, schon vollzogen beim Übergang vom Großwasserraumkessel zum Wasserrohrkessel und tatsächlich verwirklicht in der feuerlosen Lokomotive, aber beides nicht als Mittel zur Einwirkung auf die Dampferzeugung im Sinne des Ausgleiches gegenüber dem Bedarf. Diesen Zweck erfüllen ebenso wenig die schon erwähnten Dampfbehälter. Ihr Speichervermögen ist gegenüber dem Ruthsspeicher ein sehr kleines und ihre Wirkung kann verglichen werden mit derjenigen des von der eigentlichen Kraftmaschine losgelösten und in ein besonderes Hilfsaggregat verlegten Ilgnerschwungrades, welches von der Dampfzentrale Belastungsstöße von der Größenordnung von Minuten abfängt, während das gewöhnliche, mit der Maschine unmittelbar verbundene Schwungrad nur Zuckungen von der Größenordnung von Se-

kunden auszugleichen vermag. Beim Ruthsspeicher ist aber das Speicherungs- und Abgabevermögen der Energie nicht auf die kurze Zeit von Minuten beschränkt, sondern es erfüllt die Aufgabe eines Ausgleiches für Zeiten von der Größenordnung von Stunden. Ohne diese Eigenschaft wäre der Ruthsspeicher nicht imstande, die Emanzipierung des Kesselhausbetriebes von der Warenerzeugung und dem jeweiligen Energiebedarf zu bewirken und seine einschneidenden Wirkungen auf den Wärmehaushalt und die Produktionssteigerung zu ermöglichen.

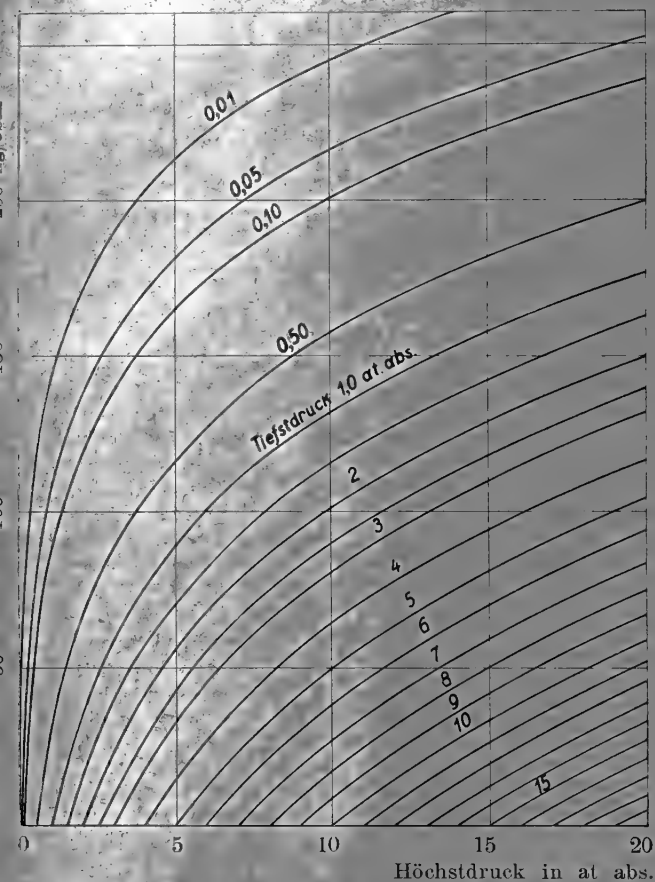


Fig. 2. Speichervermögen von 1 m³ Wasser bei verschiedenem Höchstdruck und Tiefdruck im Speicher.

Worauf beruht diese Steigerung im Speichervermögen des Ruthsspeichers im Vergleich mit anderen Dampfspeichern? Den Schlüssel zur Frage gibt Fig. 2, in der die aus einem Kubikmeter Wasser bei einer Drucksenkung um 1 at erzeugte Dampfmenge für verschiedene Anfangsdrücke abgelesen werden kann. Man sieht, daß zwar im Gebiet niedriger Drücke das Speichervermögen größer ist als bei hohen Drücken, daß man aber auch im Gebiet der höheren Drücke durch eine entsprechende Wahl der Druckgrenzen, zwischen denen der Speicher arbeitet, außerordentlich große Mengen von Dampf in Wasserspeichern kann.

Es ist nun nicht angängig, ohne weiteres den auf einen erheblichen Spannungsabfall von mehreren Atmosphären angelegten Ruthsspeicher

einfach zwischen den Kessel und die Hochdruckdampf abnehmenden Maschinen zu schalten; denn diese würden mit Dampf von variablem Druck gespeist werden, je nachdem der Speicher geladen oder entladen ist. Eine derartige Schaltung würde nicht nur zurückwirken auf die Leistungsfähigkeit der Maschinen, sondern auch auf die hinter die Maschinen verlegten sonstigen Wärmeverbraucher, wie Heizungen, Trockenapparate u. dgl. Durch den Speicher wird vielmehr eine wirkliche Unabhängigkeit der Betriebseinrichtungen voneinander erreicht, indem die Maschinen ihren vollen Dampfdruck vom Kessel unverändert erhalten und die anderen Wärmeverbraucher ebenfalls mit Frischdampf oder Niederdruckdampf konstanter Spannung versorgt werden. Dies erreicht Dr. Ruths, indem er den Speicher zwischen zwei Dampfnetze verschiedener Spannung legt, sei es zwischen Kesselspannung und das Niederdrucknetz oder aber zwischen zwei Niederdrucknetzen, und die Ladung und Entladung durch besondere Ventile so steuert, daß der Druck im Kessel konstant bleibt. Wenn dann noch durch Druckminderventile die Spannung konstant gehalten wird, werden durch den Speicher, gleichgültig, ob er zwischen höheren oder tieferen Druckgrenzen arbeitet, alle Schwankungen des Dampfbedarfes aufgenommen, ohne daß am Ort der Dampferzeugung oder an den Stellen des Verbrauches Änderungen der Dampfspannung auftreten.

Wenn kein Niederdruckdampf für Koch-, Heiz- oder Trockenzwecke nötig ist, können Niederdruckdampfverbraucher mit Leichtigkeit geschaffen werden, indem man die Niederdruckzylinder von Dampfmaschinen oder die letzten Stufen von Dampfturbinen heranzieht.

Die auf höhere und höchste Betriebsdrücke von etwa 100 at hinzielende Entwicklung des Dampfkessel- und Dampfkraftmaschinenbaues hat den Ruthsspeicher als unentbehrlichen Bestandteil der Anlagen bereits erkannt. Die Höchstdruckkessel werden einen Wasserraum überhaupt nicht mehr besitzen, sondern lediglich röhrenförmige Dampferwickler sein. Die Dampfmenge des Kessels entspricht alsdann völlig der Wärmezufuhr, und ein Ausgleichsvermögen, auch im beschränktesten Umfange, kann ihnen nicht zugemutet werden. Der in einen beliebigen tieferen Druckbereich verlegte und von Rücksichten auf die Festigkeitsbedingungen für die höchsten Drücke befreite Ruthsspeicher gibt auch solchen Anlagen die Elastizität, welche die Großwasserraumkessel nur in kleinstem Ausmaß für sich in Anspruch nehmen können.

Schließlich sei die wichtige Rolle erwähnt, die dem Ruthsspeicher für den Ausgleich der Gas- und Dampfwirtschaft in Hochöfen- und Hüttenwerken erwächst. Die wirtschaftlich gebotene Verwertung der gewaltigen Energiewerte, die früher in den Hochöfen- und Koksofengasen ungenutzt entwichen, hat bekanntlich zu einer außerordentlich günstigen Ausnutzung in Großgas-

maschinen geführt. Eine ausschließliche Energieerzeugung mit Gas ist indessen niemals durchführbar, und überall besteht nebenher eine Erzeugung von Dampf zu Kraftzwecken, teils aus überschüssigem Gas, teils mit der Abhitze aus den Gasmaschinen, teils aus mit Kohle gefeuerten Kesseln. In einem solchen System schwankt nicht nur die Menge der anfallenden Gase, sondern ohne Zusammenhang damit auch der Energiebedarf, so daß die Gasmaschinen Belastungsschwankungen unterworfen sind, bei denen sie mit ungünstigem Wirkungsgrad arbeiten; häufig ist auch die Wärmezufuhr zu den Dampfkesseln gerade dann am kleinsten, wenn sich die größte Inanspruchnahme einstellt. Gasometer, soweit sie überhaupt vorhanden sind, dienen meist nur als Vorratsbehälter für den Fall von Störungen im Ofenbetrieb. Der Ruthsspeicher ist berufen, diese Schwierigkeiten zu beheben, indem er alle Schwankungen des Dampfbedarfes und der Wärmezufuhr im ganzen System ausgleicht, so daß die Gasmaschinen ständig voll belastet arbeiten können, alle Energiespitzen von Dampfturbinen übernommen werden, die dazu ganz besonders geeignet sind, während die sie speisenden Kessel unter konstanter Dampferzeugung bei hohem Wirkungsgrad arbeiten.

Der Ruthsspeicher wird ganz allgemein eine einschneidende Wirkung auf die Behandlung dampftechnischer Aufgaben haben; wie bei der Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie eine zentrale Überwachung an der Schalttafel unentbehrlich ist und jede solche Anlage auf Grund eines wohlgedachten Schaltungsschemas zu bauen ist, und wie es eine selbstverständliche Forderung ist, daß in einem elektrischen Netz Spannung und Periodenzahl konstant zu halten sind, wird man vor Auslegung der Dampfnetze ein die größte Einfachheit verbürgendes Schema entwerfen und die Konstanthaltung der Dampfdrucke an der Erzeugungs- und Verbrauchsstelle als unentbehrliche Forderung betrachten. Zwar arbeiten alle Regelorgane selbsttätig, doch ergibt es sich wie von selbst, daß hier, am Herzen der Anlage, eine zentrale Überwachung aller Regel- und Kontrollapparate entsteht und ein Gegenstück zur elektrischen Schalttafel gebildet wird.

Besprechungen.

Stark, Johannes, Die physikalisch-technische Untersuchung keramischer Kaoline. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1922. IV, 145 S. und 40 Abbildungen.

Schon vor Jahrzehnten hat man in der Tonwarenindustrie der verschiedenen Kulturländer die Notwendigkeit erkannt, von den seit altersher benutzten empirischen Methoden abzugehen und die Fabrikation möglichst auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aufzubauen, hat keramische Gesellschaften gegründet, die sich das Handinhandarbeiten von wissenschaftlicher Forschung und industrieller Praxis zur Aufgabe gestellt haben, um die Ergebnisse der ersteren der letz-

teren zunutze zu machen. Auch in Deutschland hat man schon vor dem Weltkriege eine „Deutsche Keramische Gesellschaft“ ins Leben gerufen, die sich inzwischen günstig weiterentwickelt und schon manche für die Industrie ersprießliche Arbeit geleistet hat. Dementsprechend hat auch die in- und ausländische keramische Fachliteratur seit dieser Zeit gewaltig an Umfang zugenommen, so daß es für den der Keramik ferner Stehenden gar nicht leicht sein mag, sich einen Überblick über sie zu verschaffen. Warum ich meiner Besprechung des Starkschen Buches diese Einleitung vorausschicke? Weil es nach den Ausführungen des Verfassers an verschiedenen Stellen seines Werkes den Anschein haben könnte, als ob die keramische Forschung seit den Tagen des Chemikers **Seger** keine Fortschritte gemacht und, erst seitdem **Stark** und seine **Schüler** sich mit keramischen Arbeiten beschäftigen, eine neue wissenschaftliche Durchdringung der Keramik eingesetzt habe. Dies möchte ich zunächst zur Klärung des Sachverhaltes feststellen.

Der Verfasser teilt den Inhalt seines Buches ein in einen einführenden Abschnitt I „Mineralische und chemische Eigenschaften der Kaoline“ und in die auf experimentellen Ergebnissen und praktischen Beobachtungen aufgebauten Abschnitte II „Physikalisch-technische Eigenschaften der Kaoline bei Zimmertemperatur“ und III „Das Verhalten von Kaolinen und keramischen Massen beim Brennen“. Der letzte Abschnitt IV ist der Besprechung verschiedener deutscher Kaoline gewidmet, deren technisch wichtige Eigenschaften gekennzeichnet und deren Gewinnungs- und Aufbereitungstätigkeiten kurz beschrieben werden.

Ohne die Bedeutung des Verfassers als wissenschaftlicher Physiker herabsetzen zu wollen, muß doch gesagt werden, daß er auf dem keramischen Gebiete noch Neuling ist. Sonst hätte er nicht zu dem in Abschnitt I (S. 12) ausgesprochenen eigenartigen Urteile kommen können, daß „die chemische Gesamtanalyse eines Kaolins oder Tones wissenschaftlich und praktisch vollkommen wertlos ist und man den Erzeugern und Verbrauchern von Kaolin nur den Rat geben kann, sich die Mühe oder Kosten einer chemischen Gesamtanalyse zu ersparen“. Der Keramiker weiß sehr wohl, daß zur Beurteilung der für die Verarbeitung eines Kaolins wichtigen Eigenschaften die Kenntnis seiner chemischen Zusammensetzung nicht ausreicht. Immerhin ist diese Kenntnis der chemischen Analyse der keramischen Rohstoffe, also auch der Kaoline und Töne, für das eingehende Studium keramischer Prozesse, insbesondere auch für die Beurteilung des pyrochemischen Verhaltens der Massen und Glasuren, unbedingt notwendig. Zur Aufklärung über diese Frage, weiter auch über die Bedeutung der sog. rationalen Analyse der Tone und Kaoline, sei hier nur kurz auf zwei Arbeiten von **R. Rieck** verwiesen, nämlich: „Die Bedeutung der chemischen Analysen und Formeln in der Keramik“¹⁾ und „Die rationelle Analyse als Betriebskontrolle“²⁾. Im übrigen ist **Stark** durchaus darin beizupflichten und wird von niemand bestritten, daß für die Beurteilung eines Kaolins oder Tones seine verschiedenen physikalischen Eigenschaften eine außerordentlich wichtige Rolle spielen.

Diese physikalisch-technischen Eigenschaften, wie Körnerform, Korngröße, Oberflächenkräfte, Wasserdampfaufnahme, Wasserdurchlässigkeit, Bruchfestig-

¹⁾ Berichte der Technisch-wissenschaftlichen Abteilung des Verbandes Keramischer Gewerke in Deutschland, 1917 (III), S. 21.

²⁾ Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 1922 (3), S. 27.

keit, Härte, Bildsamkeit u. a. werden in dem Abschnitt II eingehend besprochen, und es werden dabei zahlreiche Verfahren für ihre Messung angegeben. Der Verfasser geht hier zum Teil eigene Wege, und sowohl seine praktischen Versuche wie seine theoretischen Erwägungen zeugen von selbständigem Denken. Das von ihm angegebene Verfahren zur Bestimmung der Bildsamkeit durch Auswalzen einer Tonplatte bis zur Rissebildung ähnelt in mancher Hinsicht dem von J. W. Mellor³⁾ beschriebenen.

Der vom Verfasser ausführlich erörterte Begriff des „Tonsubstanzfachwerkes“ erleichtert das Verständnis für den inneren Aufbau der keramischen Massen und Glasuren. Interessant wäre es gewesen, zu hören, wie sich der Verfasser als exakter Physiker zu der Theorie des nordamerikanischen Keramikers E. W. Washburn⁴⁾ über den Einfluß der Schwerkraft auf das Trocknen keramischer Erzeugnisse stellt. Ebenso vermisse ich in dem Abschnitt über die Trocknung ein Eingehen auf das Verfahren der sog. Feuchtigkeitstrocknung⁵⁾ (humidity drying), das neuerdings in der nordamerikanischen grob- und feinkeramischen Industrie große Bedeutung erlangt hat.

In Abschnitt III, der ebenfalls eine ganze Reihe von Unterabteilungen umfaßt, leitet der Verfasser von der Besprechung der Vorgänge in den einzelnen Rohstoffen beim Brennen systematisch zu der des thermischen Verhaltens keramischer Rohstoffgemische über, wobei er teils frühere Ergebnisse anderer Forscher zugrunde legt, teils eigene Ansichten ausspricht. Einen Beitrag zur Kenntnis der Entwicklung von Gasen aus Massen und Glasuren beim Brennen, die in der Fachliteratur schon oft Gegenstand der Besprechung und Untersuchung gewesen ist, bilden die Mitteilungen über den experimentellen Nachweis der Bildung von Kohlenoxyd aus Kaolin und des Gasens von geschmolzenem Feldspat (Entwicklung von Wasserdampf). Es sei hier aber darauf hingewiesen, daß das sog. „Nadelstichigwerden“ der Glasuren auch noch andere Ursachen haben kann. Die thermische Zersetzung der Tonsubstanz behandelt der Verfasser ziemlich kurz. Von den zahlreichen hierüber erschienenen Arbeiten findet nur die von Sokoloff flüchtige Erwähnung, während die anderer Forscher, z. B. auch eine neuere interessante Arbeit von W. Pape⁶⁾ unberücksichtigt bleiben. Bei der thermischen Umwandlung des Quarzes in andere Modifikationen wäre der Vollständigkeit halber außer der in Tridymit wohl auch noch die in Cristobalit zu nennen. Besondere Beachtung verdient, was der Verfasser über den Begriff der „Kornrissigkeit“ in Steingut- und Porzellanscherben ausführt, und sicherlich wird dieser Gedanke auch anderen keramischen Forschern Anregung zu weiteren Untersuchungen über diesen Brennfehler geben. Die Darstellung der Vorgänge im keramischen Brennofen auf S. 94 und 95 ist etwas kurz und lückenhaft. Sie sind teilweise viel verwickelter, als sich aus den Ausführungen des Verfassers ersuchen läßt. Die beste Beschreibung der hier in Frage kommenden

Verhältnisse stammt wohl von W. Pukall⁷⁾. Nach der Erörterung des thermischen Verhaltens der Systeme Kaolin-Quarz, Kaolin-Feldspat und Kaolin-Feldspat-Quarz an Hand verschiedener Schaubilder gedenkt der Verfasser auch der Wirkung des Kalkes in keramischen Massen, wie auch an anderen Stellen des Buches mit Recht mehrfach auf die pyrochemische Wirkung der in den Rohstoffen enthaltenen „Verunreinigungen“ hingewiesen wird. Nur der Einfluß eines Gehaltes an Titandioxyd ist übersehen worden. Die Bemerkung auf S. 121, daß „das Steingut überwiegend aus Tonsubstanz — unter Kalkzusatz — besteht und vor allem zumeist keinen Feldspat enthält“, soll, wie ich annehme, wohl nur für das sog. weiche oder Kalksteingut gelten. Andernfalls wäre ihr entgegenzuhalten, daß sie gerade für die bessere Art des Steingutes, das Feldspat- oder Hartsteingut, nicht zutrifft.

Der Verfasser hat bei seinen experimentellen Untersuchungen, über die er in Abschnitt II und III berichtet, eine ausgewählte Anzahl deutscher Kaoline zugrunde gelegt, über die er in einem besonderen Abschnitt IV sich nochmals eingehend ausspricht, wobei er den Erzeugern und Verbrauchern von Kaolin praktische Winke für die Art der Anbietung bzw. Auswahl dieser Rohstoffe gibt. Der Grundsatz der Mischung mehrerer Kaoline, die sich in ihren Eigenschaften (Kornfeinheit, Bruchfestigkeit usw.) ergänzen — ein Grundsatz, der übrigens in der keramischen Industrie schon lange Beachtung findet —, wird an verschiedenen Beispielen von neuem überzeugend dargelegt. Vor allem wird auch die noch immer weitverbreitete Meinung von der Unerstlichkeit des nordböhmischen Kaolins als unrichtig zurückgewiesen und betont, daß sich sehr wohl Mischungen deutscher Kaoline finden lassen, die in der Erfüllung aller keramischen Anforderungen dem nordböhmischen Kaolin mindestens gleichstehen. Auch diese Erkenntnis ist für den deutschen wissenschaftlichen Keramiker nicht neu, gewinnt aber in der heutigen Zeit des Valutaelendes für die deutsche keramische Industrie wirtschaftlich immer mehr an Bedeutung, ebenso wie das Bestreben, die böhmische Braunkohle als Brennstoff auszuschalten. Bei den Mitteilungen über diese deutschen Kaolinvorkommen wären auch solche über die Kaoline des Börtewitz-Kömmplitzer Beckens (bei Mügeln, Bez. Leipzig), die hohe technische Bedeutung besitzen, sicherlich am Platze gewesen.

Weiter möchte ich, um bei Dritten Irrtümer auszuschließen, darauf hinweisen, daß die Angaben des Verfassers über den an „feldspatartigem Mineral“ reichen Seilitzer Kaolin sich nur auf das Erzeugnis der neugegründeten Deutschen Feldspat- und Kaolin-Werke A.-G. in Seilitz beziehen, nicht aber auch auf den seit mehr als 150 Jahren von der Staatlichen Porzellanmanufaktur Meißen in eigener Grube im Dorfe Seilitz gewonnenen Kaolin, der im Gegenteil eine rein weißbrennende, sehr feuerfeste, bei 1100° durchaus noch nicht dichtgebrannte Erde darstellt. Unklar ist mir und vermutlich auch anderen Chemikern, wie der Verfasser die rationelle Zusammensetzung des Seilitzer Kaolins lediglich aus seinem Glühverlust und dem physikalischen Verhalten bestimmen konnte, ohne sonstige chemische Hilfsmittel zu benutzen.

Ich bin in vorstehendem wiederholt gezwungen gewesen, die Ausführungen Starks zu berichtigen und sonstige Ausstellungen zu machen. Es ist an sich durchaus zu begrüßen, wenn auch Vertreter der reinen Naturwissenschaften, die der Keramik bisher ferngestanden haben, ihre Forschungstätigkeit auf dieses Ge-

³⁾ Transactions of the Ceramic Society XX/ (1921/22), Tl. 1, S. 91; Auszug im Sprechsaal 1922, S. 400.

⁴⁾ Journal of the Amer. Ceram. Society, 1918 (I), S. 25.

⁵⁾ Vgl. u. a. K. Endell, Berichte der Deutschen Keram. Gesellschaft 1922 (3), S. 213.

⁶⁾ Über den Wasserverlust des Kaolins und sein Verhalten in festem Zustande zu den Karbonaten und Oxyden der Erdalkalien. Dissertation, Göttingen 1922.

⁷⁾ Sprechsaal 1919, S. 61 ff.

biet ausdehnen. Aber es wäre dann doch immer zu empfehlen, wenn der Betreffende sich von einem wirklichen Keramiker, der auch chemische Erfahrung besitzt, beraten ließe. Wäre dies im vorliegenden Falle geschehen, so würde das Starksche Buch einen wirklichen praktischen und auch theoretischen Wert besitzen, und der Verfasser hätte die Aufgabe, die er sich gestellt hatte, sicherlich vollkommener gelöst, als es so — bei Anerkennung alles Guten, was das Buch enthält — der Fall ist. W. Funk, Meissen.

Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung Neu-Babelsberg. Band I. Dem Andenken an Emil Heyn gewidmet. Halle, Wilhelm Knapp, 1922.

Das noch in der Organisation begriffene Institut für Metallforschung hat bekanntlich das Mißgeschick gehabt, seinen Leiter E. Heyn hinscheiden zu sehen. Wer es bisher nicht gewußt hat, was dieser Verlust bedeutet, kann es aus dem vorliegenden Heft der „Mitteilungen“ erfahren. Es enthält Arbeiten, die wohl alle von Heyn angeregt und geleitet worden waren. Viele dieser Arbeiten machen einen nicht richtig zum Abschluß gebrachten Eindruck und lassen dadurch das Bestreben erkennen, in diesem dem Hingeschiedenen gewidmeten Heft möglichst wenig über das von ihm selbst noch Gegebene hinauszugehen. Dem meisterhaft angelegten Plan der Arbeiten fehlt deshalb vielfach der krönende Aufbau. Der Wert der experimentell ermittelten Tatsachen wird dadurch nicht gemindert.

Das Heft trägt ganz und gar das Gepräge des Heynschen Geistes, charakteristisch in seiner echt deutschen Art der Problemstellung und Untersuchung. Während der Engländer bei seinen Untersuchungen meistens rein empirisch und vom Praktischen ausgehend zu Werke geht und zunächst reiches Tatsachenmaterial zusammenträgt, dessen einheitliche Deutung erst vorsichtig und langsam zustande kommt, geht Heyn von einem theoretischen Gedanken, von einer allgemeinen Problemstellung aus. Zu ihrer Prüfung werden einige einfache Experimente angestellt, die mit geringen Mitteln schnell Klarheit über die Zweckmäßigkeit der Grundanschauung verleihen, und mit einem Schlage erscheint das ganze Gebiet in einem neuen Lichte. Natürlich ist eine derartige Arbeitsmethode nur in den Händen eines Mannes fruchtbar, der die Zusammenhänge im voraus richtig zu erschauen vermag.

Das folgende Inhaltsverzeichnis gibt einen Begriff von der Vielseitigkeit und Reichhaltigkeit des im Institut in Angriff genommenen Arbeitsprogrammes:

Brüchigwerden von mit Aluminium verunreinigtem Zinn. Von E. Heyn und E. Wetzel.

Veredelungsversuche mit magnesiumhaltigem Aluminium. Von E. Heyn und E. Wetzel.

Messung kleiner Längenänderungen an abgeschrecktem Duralumin sowie an einer Zinn-aluminium-Legierung mittels Martensschen Spiegelapparates. Von E. Heyn und E. Wetzel.

Einiges über die Wärmebehandlung und die Rekristallisation des Aluminiums. Von E. Wetzel.

Der Arbeitsverbrauch bei oftmals wiederholter Zugbeanspruchung von Eisen und Kupfer bei verschiedenen Temperaturen. Von W. Mauksch.

Studien über die chlorierenden Röstprozesse. I. Das System Kupfersulfür-Rohsalz. Von V. Tafel.

Die Selbstkostenberechnung der Metallhütten. Von V. Tafel.

In der ersten Arbeit wird gezeigt, daß ein Gehalt von 0,25 Aluminium bereits zur Zerstörung von ge-

walztem Zinn durch Korrosion führt. Zusatz von Blei (bis 10 %) beeinflusst die Erscheinung nicht, Zusatz von etwa 2 % Kupfer beseitigt die schädliche Wirkung des Aluminiums ziemlich vollständig.

Die zweite Arbeit betrifft ein Material, das als Aludur oder Hartaluminium bezeichnet wird, und über dessen Eigenschaften und Herstellungsweise bisher eine große Unklarheit bestand. Es wird überzeugend gezeigt, daß dieses etwa 0,5 % Magnesium enthaltende Material sich nach der in den betreffenden Patenten angegebenen Methode nicht in den Zustand überführen läßt, in dem es von der herstellenden Firma geliefert wird, sondern daß hierzu noch eine Behandlung notwendig ist wie diejenige, die zur Vergütung des Duralumins führt, das heißt eine Erhitzung auf ca. 520 ° mit darauffolgendem Abschrecken und Lagern sowie einer geringen nachträglichen Kaltreckung.

(Nach den Ergebnissen der englischen Arbeit von Hansen und Gayler, über die in dieser Zeitschrift in dem vorigen Jahre bereits berichtet wurde, dürfte es sicher sein, daß die Vergütungsfähigkeit des magnesiumhaltigen Aludurs auf eine gleichzeitige Anwesenheit von Silicium, das im technischen Aluminium niemals fehlt, zurückzuführen ist.)

In der folgenden Arbeit werden Präzisionsmessungen der Längenänderungen bei der Vergütung des Duralumins und beim Lagern der in der ersten Arbeit behandelten Zinn-Aluminium-Legierungen mitgeteilt. Der Nachweis der geringen (weniger als 0,01 %) Längenänderungen bei dem Duralumin ist von hohem Interesse für die Theorie des Vergütungsvorganges. Die theoretische Verwertung dieser Versuche steht noch aus.

Die (zum Teil noch unter der Leitung von Heyn ausgeführte) Arbeit von Wetzel über die Rekristallisation des Aluminiums, die eine Reihe interessanter Erscheinungen bringt, entzieht sich einer kurzen Wiedergabe.

Die Arbeit von Mauksch behandelt den mit der elastischen Nachwirkung verknüpften Arbeitsverbrauch bei wiederholten wechselnden Belastungen, und zwar im Anschluß an die Heynsche Theorie der Verfestigung. Die interessant angelegte Arbeit läßt leider den theoretischen Abschluß noch vermissen. Ihre praktische Bedeutung liegt auf dem Gebiete der Ermüdungserscheinungen bei wechselnden Belastungen.

In der Arbeit von Tafel werden Versuche über chlorierende Röstprozesse, und zwar in einer systematischen, von einer unmittelbaren Anlehnung an die Praxis zunächst unabhängigen Weise, aufgenommen. Es wird gezeigt, daß beim Erhitzen eines Gemenges von einem Teil Kupfersulfür mit 4 Teilen Natrium- und Kaliumchlorid an der Luft bei 250–375° über ein Drittel des Kupfers in wasserlösliche und der Rest in unlösliche Form übergeführt wird.

G. Masing, Berlin.

Schneiderhöhn, H., Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Erzen und Aufbereitungsprodukten, besonders im auffallenden Licht. Berlin, Selbstverlag der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e. V., 1922. XV, 291 S., 154 Abbildungen und 1 Anhang. 18 × 26 cm.

Während die mikroskopische Untersuchung von durchsichtigen Mineralien im durchfallenden Licht an Dünnschliffen, insbesondere bei Anwendung von polarisiertem Licht, seit längerer Zeit bis zu einer großen Vollkommenheit entwickelt worden ist, ist die mineralogische Untersuchung von undurchsichtigen, so-

nannten opaken Mineralien stark zurückgeblieben. Hier hat es anscheinend der Anregung durch die wesensverwandte mikroskopische Praxis des Metallographen bedurft, um durch Übertragung und zweckmäßige Modifikation der metallographischen Untersuchungsweise eine geeignete Methodik auszugestalten.

Das Buch von *Schneiderhöhn* faßt allerdings ein umfangreicheres Problem an, nämlich, alle Methoden, auch die größeren, die für die praktische Prüfung von Erzen und Lagerstätten in Frage kommen, systematisch zu entwickeln. So wird der Leser in demselben wohl alle Verfahren kurz beschrieben finden, die auf diesem Gebiet in Frage kommen. Der Schwerpunkt des Interesses liegt jedoch zweifellos auf der mikroskopischen Untersuchung der geätzten oder ungeätzten polierten Anschliffe, die durch eine Reihe von feineren Beobachtungen und indirekten Schlüssen zum Teil recht weitgehende Folgerungen über die Entstehung und Geschichte der Mineralien gestatten. Im zweiten Teil des Buches bringt der Verfasser neben der Beschreibung zahlreicher Mineralien auch eine große Anzahl sehr schöner und lehrreicher Mikrophotographien.

Neben der methodischen Anleitung enthält das Buch von *Schneiderhöhn* somit auch reichhaltiges experimentelles Material. Wenn die Verknüpfung dieser verschiedenartigen Bestandteile innerhalb des vorgezeichneten Rahmens dem berechtigten Bestreben entspringt, dem Leser sowohl die Kenntnis der Methoden als des Tatsachenmaterial dieses neuen Gebietes der „Chalkographie“ zu vermitteln, so erhält das Ganze dadurch andererseits einen weniger abgeschlossenen, fragmentarischen Charakter. Man ist auch deshalb oft im Zweifel, ob ein Betriebspraktiker oder ein Wissenschaftler als Leser gedacht wird. Manche methodischen Angaben sind recht elementar, sind aber andererseits nicht mit einer genügenden Beharrlichkeit und Konsequenz durchgeführt, um dem theoretisch Unvorbereiteten ein volles Verständnis zu sichern. Die mitgeteilten Mikrophotogramme erfordern andererseits einen erheblichen theoretischen Einblick. Für das Material, das es umfaßt, ist das Buch zu kurz. Es würde gewinnen, wenn es in einen ausführlichen praktisch-methodischen für Praktiker und einen systematischen beschreibenden und theoretischen Teil für Wissenschaftler geteilt würde. Ersparnisrücksichten dürften dem im Wege gestanden haben. Der Unterzeichnete hätte es deshalb begrüßt, wenn das beinahe als Prachtausgabe ausgestattete Werk bei einer einfacheren Ausstattung (außer den Mikrophotogrammen, die nicht gut genug sein können) in einer bescheidenen Ausgabe erschienen, aber dafür ausführlicher geschrieben wäre.

Das wissenschaftlich-sachliche Interesse konzentriert sich in der Hauptsache auf die wiedergegebenen Mikrophotogramme. Einen besonderen Reiz erhält die Untersuchung der Erze durch ihre Beziehung zur metallographischen Erfahrung, auf die der Verfasser in einem im September d. J. in der Hauptversammlung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft in Leipzig gehaltenen Vortrag besonders hingewiesen hat. Zwischen den Kristallaggregaten der Metalle und der Erze besteht zunächst gar kein prinzipieller Unterschied, und wir dürfen deshalb die Bilder der letzteren mit derselben Brille wie die der ersteren lesen. Wie wir dem Schliff eines Metallkörpers oft ansehen können, ob er direkt aus dem Schmelzfluß erstarrt ist oder auf dem Wege der Rekristallisation seine gegenwärtige Struktur erhalten hat, ob er deformiert worden ist oder nicht

und unter welchen Bedingungen, so ziehen wir auch bei Mineralien aus ähnlichen Beobachtungen ähnliche Schlüsse über ihre Vorgeschichte. Die Kunst, die Struktur der Mineralien in diesem Sinne zu lesen, steckt wohl noch in ihren Anfängen und verspricht eine ebenso reizvolle wie fruchtbare Entwicklung. Die Metallkunde wird hierbei nicht nur in dem Sinne der zufälligen Darbietung ihrer mikroskopischen Methodik, sondern noch in einer viel weitergehenden Weise befruchtend wirken können. Dank der großen Plastizität der Metalle sind wir in der Lage, an denselben die mannigfaltigsten Deformationen vorzunehmen, deren Spuren wir auch an Mineralien wahrnehmen. Bei diesen konnten diese Deformationen jedoch nur als säkuläre Vorgänge unter ganz bestimmten, meistens dem Experiment nicht zugänglichen Bedingungen stattfinden. Bei dem Versuch ihrer Wiederholung am Laboratoriumstisch würde man das Mineral meistens einfach zertrümmern. Die Metalle bieten nun die geeigneten Versuchsobjekte, an denen wir derartige Nachahmungen der Naturprozesse leicht durchführen können. Damit bietet die Metallkunde aber im erwähnten Sinne die Möglichkeit einer wesentlichen Bereicherung der mineralogischen Forschungsmethoden.

Das Material der Photogramme, das unsere Wissens zum ersten Male geboten wird und das wir als den wertvollsten Bestandteil des Buches betrachten möchten, bietet eine derartige Fülle des Neuen und Anregenden, daß ein eingehendes Studium nicht nur jedem mineralogisch, sondern allgemeiner auch metallographisch Interessierten dringend zu empfehlen ist.

G. Masing, Berlin.

Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik.

4. Auflage. Band V. Die wichtigsten Lehren der Elektrizitätstheorie. XII, 372 S. u. 44 Abbild. Bd. VI. Die wichtigsten Lehren der höheren Dynamik. XII, 456 S. u. 33 Abbild. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921/22. 14 × 22 cm.

Die Neuauflage des 5. und 6. Bandes der Föpplschen Mechanik bietet Gelegenheit zu dem Hinweis, daß dieses Werk von unbestreitbar hervorragenden didaktischen Eigenschaften zwar zunächst nur für den Ingenieur geschrieben, aber auch für den Mathematiker und Physiker und überhaupt für jeden lesenswert ist, der in die Mechanik von praktischen Gesichtspunkten aus eingeführt werden will.

Die Bezeichnung *technische Mechanik* hat ihre historische Berechtigung, es dürfte aber einmal ausgesprochen werden, daß sie allmählich zu eng geworden ist für das, was in den so betitelten Lehrbüchern abgehandelt zu werden pflegt, und was eigentlich *angewandte Mechanik* heißen sollte. Daß viele dieser Anwendungen auf dem Gebiete der Technik liegen, ist ganz natürlich in Anbetracht des Umstandes, daß Technik überhaupt zu einem großen Teil Anwendung der Mechanik ist. Stellt man daneben die sogenannte theoretische oder klassische Mechanik als die Lehre von den Prinzipien der Mechanik, so ergibt sich die Forderung, daß die Mechanik als rationelle Wissenschaft durchaus nicht mehr ohne Rücksicht auf die Anwendungen vorge tragen werden kann, wenn sie nicht zu einem fast leblosen und jedenfalls kaum mehr entwicklungsfähigen Gebilde, wie es die klassische Mechanik vielfach schon geworden ist, erstarren soll. Es ist nicht schwer, vorzusagen, daß in kurzer Zeit das, was wir heute *technische Mechanik* nennen, den Grundstock der Mechanik schlechtweg darstellen wird, wobei auch die Prinzipie keineswegs zu kurz kommen müssen. Man scheut

sich schon heute nicht mehr davor, beispielsweise die **Lagrangeschen** Gleichungen zweiter Art oder das **Hamiltonsche** Prinzip zur Lösung „technischer“ Aufgaben heranzuziehen (vgl. die äußerst klare Entwicklung dieser Prinzipie im 6. Band). Als ein nicht bloß äußerliches Zeichen dieser Virulenz der technischen Mechanik im Gegensatz zur klassischen Mechanik möchte ich einerseits die mehr und mehr sich einbürgernde, in Deutschland namentlich durch die Föppl'schen Bücher geförderte vektorielle Denkweise — nicht bloß Schreibweise — ansehen (welche ihren vielleicht sinnfälligsten Ausdruck in der ganz elementaren, fast trivial kurzen und immer anschaulich bleibenden Herleitung der Eulerschen Gleichungen für die Drehung eines starren Körpers findet), andererseits die Reichhaltigkeit der Probleme, welche sich der Anwendung von allen Seiten anbieten, wieder in starkem Gegensatz zu den meisten Darstellungen der klassischen Mechanik mit ihren immer gleichen und zudem oft recht dürftigen Beispielen. Die technische Mechanik hat der Mechanik so viele neue Provinzen erschlossen, daß das ursprüngliche Mutterland, die Himmelsmechanik, heute selbst nur noch als kleine Provinz erscheint; und so wird, wer das Reich der Mechanik kennen lernen will, künftig das Studium der technischen Mechanik nicht mehr umgehen können. Das Föppl'sche Werk kann den Anspruch erheben, ein vorzüglicher Wegweiser für ein solches Studium geworden zu sein.

R. Grammel, Stuttgart.

Müller, C. H., und G. Prange, Allgemeine Mechanik. Hannover, Helwingsche Buchhandlung, 1923. X, 551 S. und 113 Fig.

„Eine Einführung für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften“ nennen die Verfasser ihr Werk. Dieser Zweck hat die Darstellungsweise entscheidend bestimmt. Es wird an Mathematik nicht mehr vorausgesetzt, als die einführenden Vorlesungen der Hochschulen übermitteln, ja die grundlegenden mathematischen Begriffe werden bei Gelegenheit ihrer Anwendung nochmals anschaulich entwickelt. Die mathematischen Ableitungen werden ausführlich gegeben, so daß der Leser in dieser Hinsicht keine Schwierigkeiten finden kann; dennoch drängt sich die rein formale Darstellung nirgends in den Vordergrund, die Rechnung erscheint nie losgelöst vom physikalischen Gedankengang, sondern stets als quantitative Fassung einer physikalischen Aussage. Die Darstellung ist daher in hervorragender Weise geeignet, um den Studierenden in die Anwendung der Mathematik auf Natur- und Ingenieurwissenschaften einzuführen.

Was den Inhalt anlangt, so ist der Untertitel doch wohl zu bescheiden; denn die Fülle des Gebotenen geht weit über die Bedürfnisse der Studierenden hinaus und macht das Werk gerade auch für den ausgebildeten Ingenieur oder Naturforscher besonders anregend. Von dem allgemeinen Lehrgang aus, welcher den allen Anwendungen zugrunde liegenden Kern der mechanischen Ideen entwickelt, wird in alle Gebiete der Anwendungen gründlich hineingeleuchtet. Da finden sich ausführliche Darlegungen astronomischer Rechenmethoden (Störungstheorie), gründliche Überblicke über Ingenieurfragen, wie Massenausgleich, kritische Drehzahlen usw., interessante historische Hinweise und vor allem tiefgehende Auseinandersetzungen über den Ausbau der Mechanik in der modernen Physik. Die Relativitätstheorie hat auf die formalen Darlegungen weitgehenden Einfluß geübt; schon in der Kinematik taucht der „Weltbegriff“ auf; an allen

geeigneten Stellen wird gezeigt, wie sich die Auffassungen durch die allgemeine Relativitätstheorie fortgebildet haben. Die Schwierigkeiten des 3. Newton'schen Axioms in der elektromagnetischen Strahlungstheorie werden behandelt, die Quantenmechanik wird an vielen Stellen erläutert, und die Atommodelle spielen bei den Beispielen eine führende Rolle.

Der vorliegende Band umfaßt Kinematik, Bewegung des Massenpunktes, geführte Bewegung und Relativbewegung, Bewegungsgleichungen der Massenpunktsysteme und des starren Körpers und gipfelt in der systematischen Auseinandersetzung der Differentialprinzipien. Einem weiteren Band über Systeme von mehreren Freiheitsgraden unter Voranstellung der Integral- und Variationsprinzipien, den die Verfasser in der Einleitung ankündigen, kann man mit Spannung entgegensehen.

L. Hoff, Aachen.

Exner, Franz, Vorlesungen über die Physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. 2. vermehrte Auflage. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1922. XX, 734 S. und 97 Abbildungen im Text.

Der ersten Auflage von *Exners* „Vorlesungen“, deren ausführliche Würdigung sich in den „Naturwissenschaften“ 9, S. 414., 1921, findet, hat schon nach wenigen Monaten die zweite folgen dürfen. Ein Beweis, daß sich das Leserpublikum dem günstigen Urteil des damaligen Referenten angeschlossen hat. Ein Eingehen auf Einzelheiten erübrigt sich daher. Es sei nur bemerkt, daß das Vorwort der neuen Auflage eine Auseinandersetzung mit *Spenglers* Buch „Der Untergang des Abendlandes“ enthält. Verf. vertritt in einer eindringlich und auch für den Nichtfachmann verständlichen Weise den Objektivismus des exakten Naturforschers gegenüber der subjektivistischen Weltanschauung *Spenglers*. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß *Exner* — eben als Physiker — objektiv genug ist, trotz aller Kritik das Werk *Spenglers* mit seiner Fülle origineller Ideen und fesselnder Anregungen“ mit Freude zu begrüßen.

Es ist zu wünschen und zu erwarten, daß die neue Auflage ebenso schnell ihren Weg zu ihren Lesern finden wird, wie ihre Vorgängerin.

W. Westphal, Berlin.

Sitzungsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft.

Sitzung am Mittwoch, den 6. Dezember 1922.

Herr H. Cloos (Breslau) sprach über die Tiefengesteine des Bayrischen Waldes und den Pfahl. Der Redner ging von den Begriffen Batholith und Lakolith aus. Unter ersterem versteht man ein in der Tiefe erstarrtes Eruptivgestein, das sich seinen Raum ohne Rücksicht auf das Nebengestein geschaffen hat, an dem also die etwa vorhandenen Sedimentgesteine in ungleichförmiger Lagerung abstoßen. Unter einem Lakolithen hingegen versteht man eine eingepreßte Tiefengesteinsmasse, die sich in die Schichtfugen der Gesteine ergossen hat, die Sedimente teils hebend, teils aufblätternd. Während nun bei den Lakolithen die Frage der Raumbildung keine unlösbaren Rätsel zu bilden scheint, ist bei den Batholithen diese Frage noch in großes Dunkel gehüllt. Jedenfalls weiß man, daß eine Aufnahme des verdrängten Gesteins durch Aufschmelzung durch das Magma nur unter ganz besonderen

Voraussetzungen in Frage kommen kann. In der Regel weisen ja die unserer Beobachtung zugänglichen Teile des Batholithen nur unbedeutende Veränderungen ihres chemischen Bestandes auf, die auf Aufnahme fremder Gesteine zurückzuführen wären.

Der Redner hat im letzten Sommer mit einer Reihe seiner Schüler diese und ähnliche Fragen im Bayrischen Walde der Lösung näher zu führen versucht, indem er die Lagerungsform der dortigen Granitstöcke untersuchte, um dadurch ihre Form und Raumbildung zu erklären. Zunächst konnte er feststellen, daß die Ansicht *Gümbels* über das Vorhandensein eines großen Granitmassivs zwischen der Donau und dem Pfahl nicht ganz zutrifft. Neben zwei größeren Massiven kommt eine Unzahl kleinerer vor. Diese waren zunächst Gegenstand der Untersuchung. Dabei ergab es sich, daß diese Einzelvorkommen oft von geringer Mächtigkeit sind, bis zu wenigen Metern herab. In der Nähe des Pfahles, also im nordöstlichen Gebietsanteil, haben sie ein diesem gleichgerichtetes Einfallen, also mit 70–80° nach Nordosten. Hier sind sie auch dem Nebengestein scheinbar konkordant eingeschaltet, das in der Nähe des Pfahles aus dioritischen und syenitischen Gneisen besteht. Mit zunehmender Entfernung vom Pfahl behält zwar das Nebengestein sein gleichgerichtetes Einfallen nach Nordosten; indessen gewinnen die Granitintrusionen eine zunehmend flachere Lagerung, so daß sie schließlich in der Nähe des Südwestrandes des Gebietes fast flach liegen. Von besonderem Interesse ist nun, daß diese flach liegenden Granitintrusionen die an ihnen abschneidenden Schichten des Hangenden und Liegenden nicht verwerfen. So fand beispielsweise in den kristallinen Schiefern konkordant eingelagertes Graphitlager bei Passau, das nach unten durch einen Granitstock begrenzt schien, im Liegenden des Granites, nachdem man nach etwa 20 m diesen durchteuft hatte, seine unmittelbare Fortsetzung. Schließlich ergab sich aus einer Fülle von Einzelbeobachtungen das Bild, daß die kleinen Granitvorkommen sämtlich geringmächtige, im SW flach gelagerte, aber mit zunehmender Annäherung an den Pfahl nach diesem konvergierende Intrusionen darstellen, die sich längs flach verlaufender Klüfte ihren Weg durch das Gestein gebahnt haben.

Damit nicht genug, stellte sich auch bei der Untersuchung der großen Massive heraus, daß es sich auch bei ihnen nicht um mächtige Stöcke handelt. Die im Südwesten in die Massive eingeschnittenen Täler haben hier weithin die Unterlage des Granites entblößt. Im Zusammenhang mit anderen Beobachtungen geht daraus hervor, daß auch diese größeren Granitvorkommen ebenso wie die kleinen einen deckenartigen Charakter tragen, daß sie zungenartig von Nordosten nach Südwesten sich erstrecken. Lediglich hinsichtlich ihrer Größenordnung besteht also zwischen den verschiedenen Granitvorkommen ein Unterschied.

Als Ausbruchsstelle aller dieser Granite ist die Pfahlregion anzusehen. Auf dieser nach NO geneigten Spalte drang das Magma hoch, um dann in südwestlicher Richtung in die kristallinen Schiefer einzutreten, in denen es, je weiter es sich von der Ausbruchsspalte entfernte, eine um so flachere Neigung annahm.

Bei dieser Form und Entstehungsart sind diese Batholithe des Bayrischen Waldes also nicht grundsätzlich verschieden von den Lakkolithen; man könnte sie als „diskordante Lakkolithen“ bezeichnen.

Weiter sprachen die Herren *Fliegel* und *Dahlgrün* über die geologische Neuaufnahme des Harzes bzw. über graptolithenführende Schichten des Unterharzes.

Eine der wichtigsten Fragen im geologischen Bau des Harzes überhaupt und des Unterharzes im besonderen ist die nach der Tatsächlichkeit der sog. „Tanner Achse“, oder mit anderen Worten ausgedrückt: Gibt es im Unterharz eine solche bedeutsame Sattelachse, wie sie seinerzeit *Lossen* in der Linie Lauterberg-Gernrode angenommen hat?

Die Beantwortung dieser Frage hängt scheinbar auf das innigste mit der Antwort auf eine zweite Frage zusammen; das ist die Frage nach der stratigraphischen Stellung der Tanner Grauwacke. Unter diesem Gestein werden in der Hauptsache eine Arkosegrauwacke und ein Plattenschiefer verstanden, die von einer ganzen Anzahl älterer Forscher ins Silur gestellt worden sind. Ist diese Ansicht richtig, so auch die Auffassung von dem Vorhandensein einer Sattelachse. Indessen sind neuerdings berechtigte Zweifel an dieser Stellung der Tanner Grauwacke aufgetaucht. Nachdem es heute möglich geworden ist, die in diesem Gestein auftretenden Pflanzenreste mit einiger Sicherheit dem Kulm zuzurechnen, ihnen aber keinesfalls ein vor-oberdevonisches Alter zuweisen darf, ist die oben angeschnittene Frage hinsichtlich dieses Gesteins entschieden, und man kann künftig keinesfalls aus dem Auftreten der Tanner Grauwacke auf die Existenz einer Sattelachse schließen. Nun hat sich aber bei der neuerlichen Untersuchung der Tanner Grauwacke begleitenden Tonschiefer (Plattenschiefer) gezeigt, daß unter diesen Schiefen sich recht verschiedenaltige Gesteine, z. T. auch unterdevonischen Alters, verbergen. Mit diesen unterdevonischen Schiefen wiederum wird der Anschluß gewonnen an die in der Nachbarschaft auftretenden Graptolithen führenden Gesteine.

Die letzten Untersuchungen des zweiten Redners in der Gegend von Harzgerode insbesondere haben gezeigt, daß das Obersilur hier in viel ausgedehnterem Maße und in größerem Zusammenhang der Graptolithen-zonen auftritt, als bisher bekannt war.

Es ergibt sich also die bemerkenswerte Folgerung, daß diejenigen Schichten, die nach den älteren Anschauungen *Lossens* in der Hauptsache die Unterharzer Sattelachse aufbauen sollten, nämlich die Tanner Grauwacke, heute in ihrem wesentlichen Anteil zum Kulm und damit zu den jüngsten paläozoischen Schichtgliedern gerechnet werden müssen. Andererseits treten aber in ihrer Nachbarschaft gerade die erwähnten, in großer Vollständigkeit jetzt bekannten Schichten des Obersilurs auf. Dadurch wird die aufgeworfene Frage nach der Wirklichkeit der Unterharzer Sattelachse wiederum bejaht, wenn auch in anderem Sinne, als *Lossen* sich vorstellte.

W. K.

Biologische Gesellschaft zu Leipzig.

Sitzung vom 12. Dezember 1922.

Vors.: Herr *Ruhland*. Schriftführer: i. V. Herr *Michael*.

W. *Spalteholz*: Gefäßbaum und Organbildung.

Die Art der ersten Aufzweigung der Blutgefäße ist bei den Wirbeltieren ganz allgemein von der Form der Organanlage abhängig. Sie ist eine andere bei den Organen, welche sich aus geschlossenen, soliden Zellmassen entwickeln, eine andere bei denjenigen, die in ihrer frühesten Form die Gestalt einer Hohlöhre besitzen.

Zur ersten Gruppe von Organen gehören die

Skelettmuskeln, die Stützorgane, die lymphoiden Organe, die Nebennieren und die Drüsen; der zweiten Gruppe sind zuzurechnen die nervösen Zentralorgane, der Darmtraktus, die Luftröhre, die Harnableitungswege, die weiblichen Genitalwege und das Herz.

Bei allen röhrenförmig angelegten Organen treten die ersten Blutgefäße an der Außenseite des Organes flächenhaft auf. Dabei ist die Geschwindigkeit, mit welcher diese Ausbreitung erfolgt, die Dichtigkeit der Gefäßaufzweigung und ihre Vollständigkeit für die verschiedenen Organe und selbst für einzelne Abschnitte desselben Organes durchaus verschieden: sie steht offenbar in Abhängigkeit von der Entwicklungsenergie der Organe und ihrer Teile und von den Bedürfnissen ihres Stoffwechsels. Erst in einer zweiten Phase der Entwicklung gehen von der flächenhaften Gefäßausbreitung dann Ästchen annähernd senkrecht in die Tiefe.

Da die weitere Entwicklung der Organe nicht in allen Schichten gleichmäßig nach den drei Dimensionen abläuft, kann auch die Gefäßaufzweigung nicht die primäre einfache Form und Lage beibehalten: es werden einzelne Äste besonders stark werden, neuartige werden auftreten, andere werden im Wachstum zurückbleiben oder verschwinden und manche werden schließlich Verlagerungen erleiden. Daraus ist es verständlich, daß an den erwachsenen Organen dieser Gruppe die ursprüngliche Verzweigungsform kaum jemals unverändert erhalten ist: sie ist stets verändert, manchmal nur verschleiert, bisweilen aber so verwischt, daß nur eine genaue Verfolgung ihrer Entwicklung Aufklärung gibt.

Bei der anderen Gruppe von Organen, das heißt bei denjenigen, deren Anlage die Form einer geschlossenen soliden Zellmasse besitzt, dringen die ersten Blutgefäße unmittelbar in das Innere ein und verzweigen sich dort baumartig nach allen Seiten gleichmäßig. Auch bei ihnen bleibt während der weiteren Entwicklung die ursprüngliche Form des „primären Gefäßbaumes“ nicht genau erhalten. Im allgemeinen erleidet aber die Gefäßaufzweigung während des Wachstums nicht so große Veränderungen wie bei der anderen.

Die Ursache für die Art der frühesten Gefäßaufzweigung ist nur in der Form der Organanlage begründet, also rein formal.

Mit der Form der Gefäßanlage ist der Grundplan der Gefäßverteilung gegeben. Wie sich innerhalb desselben die einzelnen Gefäße in bezug auf Richtung, Stärke usw. verhalten, wie sie sich während der weiteren Entwicklung umgestalten, unterliegt den Bedingungen, die durch die Kräfte des strömenden Blutes usw. gegeben sind.

Zuerst nur durch rein formale Verhältnisse bedingt, wird die Art der Gefäßaufzweigung später wesentlich beeinflußt und umgemodelt durch die im und am Organ wirkenden lebendigen Kräfte.

Jede der beiden Arten der Gefäßaufzweigung stellt für die Organanlage im betreffenden Moment das Optimum der Ernährung dar. Es handelt sich jedesmal um die günstigste Verteilungsform im gegebenen Raume.

Mit dem entwickelten angiogenetischen Grundgesetz wird für einen engumgrenzten Teil der Entwicklung eine einfache Beziehung zwischen Ursache und Wirkung aufgestellt, die nicht auf Lebensvorgängen beruht.

(Näheres siehe Archiv f. Entwicklungsmechanik von Roux, Bd. 52.) *Eigenbericht.*

Zur Diskussion sprach Herr Garten.

* *

Sitzung vom 16. Januar 1923,

zu der auch die Medizinische Gesellschaft geladen war.

Prof. Dr. Eber: Über neue im Veterinärinstitut der Universität Leipzig (Prof. Dr. Eber) und im Reichsgesundheitsamte (Oberregierungsrat Prof. Dr. Lange) durchgeführte Passageversuche mit vom Menschen stammendem Tuberkulosematerial. Ein Beitrag zur Frage der Typenumwandlung der Tuberkelbazillen.

Der Vortragende gab zunächst einen kurzen historischen Überblick über den Stand der Frage der Typenumwandlung der Tuberkelbazillen und besprach im Anschluß hieran auch kurz die seit Frühjahr 1903 im Veterinärinstitut der Universität Leipzig durchgeführten eingehenden Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Menschen- und Rindertuberkulose, über die der Vortragende wiederholt zuletzt in den Jahren 1911 und 1913 berichtet hat. Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß bei den Leipziger Versuchen in einer beschränkten Zahl von Fällen gelungen ist, durch eine besondere Methode (gleichzeitige subkutane und intraperitoneale Verimpfung des tuberkulösen Materials) am besten zerbauener Meerschweinchenorgane — auf junge Rinder — humane Tuberkelbazillen in bovine umzuwandeln. Als interessante weiteren Befund haben diese Versuche ergeben, daß auch in solchen Fällen, in denen eine Typenumwandlung nicht gelang, doch wiederholt ein erhebliches „Haften“ des ursprünglichen humanen Materials in der Bauchhöhle der Versuchstiere beobachtet werden konnte. Auf Anregung R. Kochs sind diese Versuche im Jahre 1911 im Kaiserlichen Gesundheitsamte in Berlin nachgeprüft. Wie Neufeld, Dold und Lindemann berichten, ist bei diesen Versuchen die Umwandlung humaner Tuberkelbazillen in bovine nicht gelungen. Auch wurde bei 13 Rinderimpfungen niemals ein „Haften“ des tuberkulösen Materials in der Bauchhöhle erzielt. Dieser Widerspruch in den beiderseitigen Versuchsergebnissen wurde später dadurch einigermaßen aufgeklärt, daß die gewählte Versuchsanordnung in Berlin nicht in allen Punkten strikte der in Leipzig geübten entsprochen hat. Es wurde daher im Januar 1913 zur Prüfung der Umwandlungsfrage eine neue große Versuchsreihe durch das Kaiserliche Gesundheitsamt und das Veterinärinstitut gemeinsam unternommen. Leider ist die Durchführung dieser Versuche durch den Koller stark beeinträchtigt. Bisherzeit keine Möglichkeit besteht, die nur mit großen Versuchstieren durchzuführenden Versuche wieder aufzunehmen, ist die Veröffentlichung der Ergebnisse beschlossen, obwohl sie eine vollständige Lösung des Problems der Typenumwandlung nicht gebracht haben. Sie haben aber gezeigt, daß die für die Typenumwandlung bisher bekannten biologischen Unterscheidungsmerkmale (Wachstum der frisch aus dem Tierkörper gezüchteten Reinkulturen auf Glycerinbouillon, Verhalten bei Kaninchen- und Rinderimpfungen) mit Hilfe der angewandten Methodik in einzelnen Fällen im Sinne einer Annäherung der beiden Säugtiertuberkelbazillentypen beeinflusst werden konnten.

Der Vortragende erläuterte eingehend an der Hand zahlreicher Präparate und Tabellen das gesamte für die Schlussfolgerungen maßgebende Tatsachenmaterial. Die Abhandlung wird in Brauers Beiträgen zur Klinik der Tuberkulose Bd. 54 veröffentlicht. *Eigenbericht.*

1) Zbl. f. Bakt. I. Abt. Orig. 1911, Bd. 59, S. 193; 1913, Bd. 70, S. 229.

2) Zbl. f. Bakt. I. Abt. Orig. 1912, Bd. 65, S. 467.

3) Zbl. f. Bakt. I. Abt. Orig. 1913, Bd. 70, S. 230.

Astronomische Mitteilungen.

Die scheinbare Verteilung der Heliumsterne machen *Shapley* und *Miß Cannon* zum Gegenstand einer Untersuchung in *Harvard Circular* 239. Zugrunde liegen die Angaben des inzwischen erschienenen *Henry-Draper-Katalogs*. Während man bisher zu der Ansicht neigte, daß es *B-Sterne* schwächer als 7. Größe nicht gebe, hat die *Harvard-Klassifikation* gezeigt, daß diese Ansicht nicht begründet ist und nur aufkommen konnte, weil die helleren *B-Sterne* fast ausschließlich im sogen. „local system“ vorkommen und sich dadurch der Beobachtung vor allem aufdrängen. Daneben existiert eine ganze Fülle schwächerer *B-Sterne*, die sich in einem schmalen Gürtel längs der Milchstraße zusammenzudrängen scheinen, damit ihre Zugehörigkeit zum größeren galaktischen System dokumentierend. Da die beigegebenen Figuren sehr instruktiv sind, reproduzieren wir sie hier im verkleinerten Maßstab.

Die Punkte stellen die einzelnen Sterne dar, die offenen Kreise die mittleren galaktischen Breiten. Man erkennt deutlich, daß der Gürtel der helleren *B-Sterne* gegen die Milchstraße geneigt ist und sie etwa in 90° und 270° galaktischer Länge schneidet, während der Gürtel der schwachen *B-Sterne* vollkommen mit der Milchstraße zusammenfällt. Die dazwischen liegenden beiden Figuren vermitteln den Übergang.

Auffallend ist die ungleichförmige Verteilung in galaktischer Länge, wie aus den folgenden Zahlen ersichtlich ist, welche durch Zusammenfassung der letzten drei Gruppen *Shapleys* (Sterne zwischen 5,26 und 8,25 scheinbarer Größe) erhalten wurden.

Gal. Länge	15°	45°	75°	105°	135°	165°
Anzahl	82	127	132	94	86	161
Gal. Länge	195°	225°	255°	285°	315°	345°
Anzahl	150	225	209	135	157	92

Man erkennt deutlich zwei Maxima — bei 60° und 240° — und zwei Minima — bei 0° und 120° —, wobei es dahingestellt bleiben muß, inwieweit dieser unregelmäßigen scheinbaren Verteilung eine ebensolche räumliche Verteilung entspricht oder ob wir es hier mit der Wirkung von dunkler vorgelagerter Materie zu tun haben.

In einer besonderen Tabelle sind getrennt alle jene *B-Sterne* aufgeführt, welche größere galaktische Breiten als ± 50° aufweisen. Es sind deren 28, also ein verschwindender Prozentsatz gegenüber der Gesamtzahl = 1996.

H. Kienle.

Berichtigung.

In dem Aufsatz von *Lasareff* (10, 1123, 1922) muß es heißen

Seite 1124 Fig. 1 statt A: B, statt B: A

Seite 1127 Tabelle (letzte Zeile)

nicht 0,030 | 1,01 | 1,09 sondern 0,030 | 1,01 | 1,03

Seite 1127 in der ersten Zeile unter

$$\Delta E = \Delta J \int_0^{\alpha} \frac{\varphi(\alpha) d\alpha}{J + \alpha}$$

nicht: wo $J\alpha$ das Eigenlicht der Netzhaut ist, sondern: wo α das Eigenlicht der Netzhaut ist.

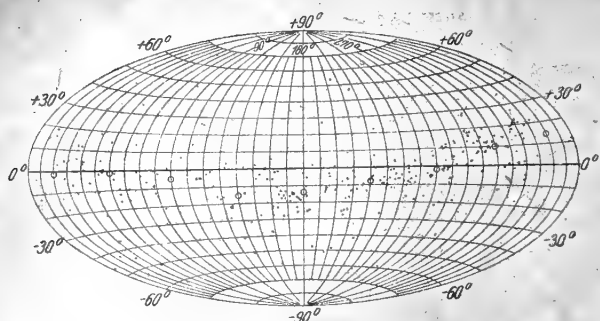


Fig. 1. Galaktische Verteilung der B-Sterne heller als 5,26.

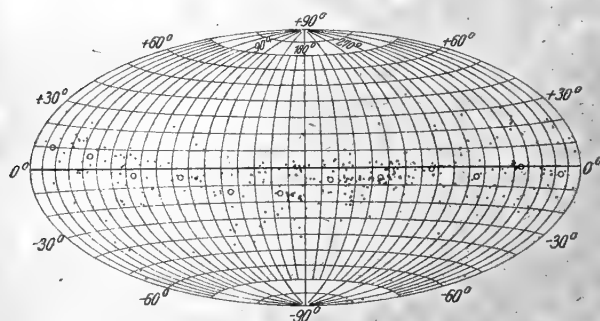


Fig. 2. Galaktische Verteilung der B-Sterne zwischen 5,26 und 6,25.

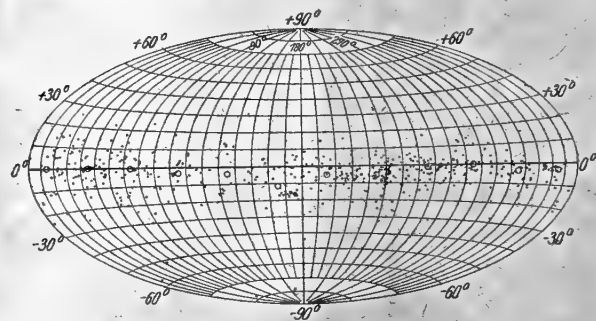


Fig. 3. Galaktische Verteilung der B-Sterne zwischen 6,26 und 7,25.

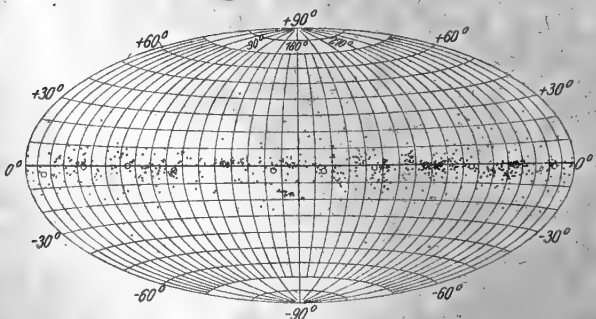


Fig. 4. Galaktische Verteilung der B-Sterne zwischen 7,26 und 8,25.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 8. (Seite 117—140.)

23. Februar 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über Steuerung von Funktionen im Tierkörper.
Von *O. Loewi*, Graz. S. 117.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung: Die Bausteine der Erdkruste. Von
E. Bederke, Breslau. S. 123.

Besprechungen:

Newcombs Astronomie für Jedermann. 4. Auflage.
Von *W. E. Bernheimer*, Wien. S. 129.

Waibel, Leo, Winterregen in Deutsch-Südwest-Afrika. Von *K. Knoch*, Berlin. S. 129.

Baur, Franz, Die Veränderlichkeit der Temperatur aufeinanderfolgender Monate und die periodischen Schwankungen der Jahrestemperatur in Deutschland. Von *K. Knoch*, Berlin. S. 131.

Heide, C. von der, und F. Schmitthenner, Der Wein. Von *Walter Kotte*, Freiburg i. Br. S. 132.

Festschrift zum 50. jährigen Jubiläum der Höheren

Staatlichen Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh. Von *Walter Kotte*, Freiburg i. Br. S. 132.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:
Über das Element der Atomzahl 72. Von *D. Coster* und *G. v. Hevesy*, Kopenhagen. S. 133.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 133-138.

Deutscher Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Beitrag zur Geschichte der Relativitätstheorie. Die Nordlichterscheinungen und die sich anschließenden Probleme. Der Sonnenschein in Deutschland. Kohlenoxyd im Tabakrauch.

Astronomische Mitteilungen. S. 138—140.

Die Entfernung der kugelförmigen Sternhaufen. Das Milchstraßensystem. Unsichtbare Sonnenflecke. Spektroskopische Parallaxen der A-Sterne

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Seriengesetze der Linienspektren

Gesammelt von **F Paschen** und **R. Götze**

(IV, 154 S.)

Gebunden G. Z. 11

Die Grundzahl (G. Z.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 1200.— M. für März 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 800.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck- für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 2020 Julius Springer,
Konten für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 11893 Julius Springer.

Zu verkaufen

3 Werke zu je 2 Bücher Naturhistorische Abbildungen und Beschreibungen Säugetiere, Vögel und Reptilien von Schinz, Zürich 1833/1827 lithographiert von Brodtmann. (300)

Angebote unter NW. 300 an den Verlag dieser Zeitschrift, Berlin W. 9, Linkstr. 23/24.

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

Wichtig für alle Bezieher der „Naturwissenschaften“

Der Bezugspreis für die „Naturwissenschaften“ für das Inland beträgt

M. 1200.— für März 1923

zuzüglich M. 240.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, oder M. 1,50 Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter. (Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.)

Auslandspreise für das I. Quartal 1923 bei portofreier Zustellung: Argentinien 2,50 Pap.-Pes. Belgien 18 Fr. — Brasilien 7,20 Milr. — Bulgarien 137 Leva. — Chile 9 Pes. — Dänemark 6,50 Kr. Finnland 36 M. — Frankreich 18 Frs. — Griechenland 18 frz. Frs. — Großbritannien 6 sh. — Holland 3,60 Fl. — Italien 22 Lire. — Japan 6 sh. — Jugoslawien 101 Dinar. — Luxemburg 18 Fr. — Mexiko 1,50 amer. Doll. — Norwegen 7,20 Kr. — Portugal 29 Escudo. — Rumänien 180 Lei. — Schweden 5 Kr. Schweiz 7,20 Fr. — Spanien 7,20 Pes. — Tschechoslowakei 32,50 Kr. — Ver. Staaten 1,50 Doll.

Bestellungs- und Zahlungsweise:

1. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher durch den Buchhandel bezogen haben, wollen sich wegen des weiteren Bezugs und der Bezahlung an ihre Buchhandlung wenden.
2. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher direkt vom Verlag unter Streifband zugesandt erhielten, werden gebeten, den Betrag von M. 1200.— zuzüglich M. 240.— für Porto sofort auf Postscheckkonto Julius Springer, Berlin 20120, unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ März 1923 einzuzahlen.
3. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher direkt beim Verlag bestellten und von diesem durch das Postzeitungsamt überwiesen erhielten, wollen den Bezugspreis für März 1923 M. 1200.— zuzüglich M. 2.— für Bestellgebühren umgehend unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ März 1923 auf Postscheckkonto Julius Springer, Berlin 20120 einzahlen.
4. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher auf ihrem Postamt bestellten, tun gut, die Bestellung sofort bei ihrem Postamt bzw. Briefträger zu erneuern, damit keine Unterbrechung in der Lieferung eintritt. Die Zahlung für das Abonnement ist bei dieser Bezugsart an das Postamt zu leisten.

Der hohen Postgebühren wegen kann Rechnungszusendung in Zukunft nicht mehr erfolgen, diese Aufforderung ist vielmehr als Rechnung zu betrachten. Im Interesse der pünktlichen Lieferung der „Naturwissenschaften“ ist sofortige Bezahlung des Bezugspreises unter ausdrücklicher Angabe „Naturwissenschaften“ März 1923 unbedingt notwendig. Für etwa notwendig werdende Mahnungen müssen Rechnungsspesen in Anrechnung gebracht werden.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Über Steuerung von Funktionen im Tierkörper¹⁾.

Von O. Loewi, Graz.

Leben ist Bewegung. Die Bewegung braucht nicht sichtbar zu sein. Auch im äußerlich ruhenden Organismus gehen dauernd chemische Bewegungen vor sich, deren Gesamtheit man als Stoffwechsel bezeichnet. Hierbei werden Körpersubstanzen zersetzt, d. h. die Masse des energieliefernden Materials wird vermindert. Würde diese Zersetzung hemmungslos fortschreiten, dann würde der Organismus sich selbst schließlich zersetzen. Dazu kommt es aber unter normalen Bedingungen nicht; denn mit dem Abbau geht gleichzeitig ein Wiederaufbau einher. Dieses Neben- und Nacheinander ist gerade das Charakteristische des Lebens. Und zwar halten sich Abbau und Aufbau das Gleichgewicht. Daraus geht hervor, daß die lebende Substanz offenbar das Bestreben hat, einen bestimmten Zustand aufrechtzuerhalten und in ihm zu verharren.

Auch wenn der Organismus durch Einwirkung von außen gezwungen wird, seine Zersetzungen vorübergehend zu vergrößern oder zu verkleinern, sucht er während und nach Abklingen der Einwirkung wieder seinen früheren Bestand zu erreichen. Was für den Stoffwechsel, gilt auch für die anderen Funktionen; auch sie sucht der Organismus auf einem bestimmten Stand zu erhalten und sucht Störungen auszugleichen. Er ist also nicht rein passiv, sondern höchst aktiv. Es soll nun versucht werden, darzutun, durch welche Einrichtungen der Organismus befähigt ist, diese Tendenz zu verwirklichen. Natürlich muß davon abgesehen werden, eine annähernde Vollständigkeit dessen, was in dieses Gebiet fällt, auch nur anzustreben. Sonst müßte auf den Mechanismus fast aller Äußerungen unsres somatischen und psychischen Lebens eingegangen werden; denn Leben bedeutet in einer Hinsicht eigentlich nichts anderes als einen dauernden Ausgleich von Abweichungen von einer mittleren Linie behufs Erhaltung des Organismus, sei es, daß diese Abweichungen durch unsere physiologische Organisation selbst oder durch Eingriffe von der Umwelt aus gesetzt werden.

Ich muß mich auf einzelne Beispiele beschränken, die von dem Gesichtspunkt aus ausgewählt sind, daß sie den Mechanismus der Steuerung, d. h. des Festhaltens oder Wiedererreichens der mittleren Linie möglichst klar erkennen lassen. Nach welchem Gesichtspunkte aber soll ich sie einteilen?

¹⁾ Vortrag, gehalten im naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark am 13. Januar 1923.

Infolge der großen Ansprüche, die an den höheren Organismus gestellt werden, ist in ihm eine Arbeitsteilung eingetreten, derart, daß die verschiedenen Funktionen auf verschiedene Organe verteilt sind. Die einzelnen Organe sind keine selbständigen Organismen mehr, auf deren Erhaltung es um ihrer selbst willen ankäme; sie dienen vielmehr ausschließlich dem höheren Zweck, der Erhaltung des Gesamtorganismus. Die Größe ihres jeweiligen Bestandes ist darum ganz abhängig von der Größe ihrer Bedeutsamkeit für die Zwecke des Gesamtorganismus; braucht er das eine oder andere Organ zeitweise weniger, so kann er abbauen, andernfalls anbauen. Die Organe sind aber infolge der Arbeitsteilung auch in der Hinsicht unselbständig geworden, daß nur einzelne von ihnen, und zwar in wechselndem Grad, die Bedingungen zu ihrer Erhaltung und Funktion noch in sich tragen. Großenteils sind sie auf die Mitwirkung anderer Organe angewiesen, vor allem des Zentralnervensystems, teilweise auch der sog. innersekretorischen Organe. Aber auch diejenigen Organe, die aus sich allein funktionieren können, müssen als Teile des Ganzen kontrollierbar und regulierbar sein; Kontrolle und Regulation wird ebenfalls im wesentlichen durch das Zentralnervensystem und innersekretorische Organe geleistet. Die Bedeutung der innersekretorischen Organe soll nur gestreift werden, nachdem wir zwar sehr viel über die Wirkungsweise ihrer Sekrete, der sog. Hormone, wissen, aber außerordentlich wenig über den Mechanismus ihres regulatorischen Eingreifens. Danach gliedert sich der Stoff derart, daß an typischen Beispielen gezeigt werden soll, zunächst wie ein Organ ohne Mithilfe anderer, also gewissermaßen in Eigenregie, sich auf seinem Bestand erhalten kann. Ferner soll die Selbststeuerung von Organen gezeigt werden, die nur durch Mitwirkung außerhalb ihrer gelegener nervöser Apparate möglich ist, und schließlich soll der Mechanismus der regulierenden Tätigkeit des Zentralnervensystems erläutert werden.

Wir beginnen mit einer bestimmten Funktion des quergestreiften Muskels. Was wir bei dieser lernen, ist größter Verallgemeinerung fähig.

Wenn wir einen Arm heben, so ist der Vorgang dabei der, daß vom Bewußtseinszentrum aus die im Zentralnervensystem gelegenen Zentren der der Armhebung dienenden Muskeln erregt werden. Diese Erregung teilt sich im Weg der von diesem Zentrum ausgehenden Bewegungsnerven der Arm-muskulatur mit. Es verdient dabei Erwähnung, daß wir im allgemeinen uns nur des gewollten Erfolgs bewußt sind, nicht der zwischen Willen und Erfolg einzuschlagen-

den Wege. Gleichzeitig und zwangsläufig mit der Erregung der motorischen Armzentren kommt es zu einer solchen der gefäßerweiternden Zentren für den Arm, so daß diesem die von der gesteigerten Muskelarbeit beanspruchte größere Menge von Nährmaterial und Sauerstoff zugeführt wird. Haben wir den Arm längere Zeit gehoben, so tritt Ermüdungsgefühl ein, und schließlich sind wir auch mit Aufbietung der letzten Reserven unserer Willensenergie nicht mehr imstande, ihn weiter hochzuhalten: der Wille scheitert am Widerstand der bei der Armhebung beteiligten Faktoren; sie sind ermüdet. Dann aber tritt nach kürzerer oder längerer Zeit wieder Erholung ein; der Arm kann wieder gehoben werden. Wodurch tritt die Erholung, d. h. die Wiederherstellung ein? Das können wir nur verstehen, wenn wir auch auf das Wesen der Ermüdung eingehen. Die Ermüdung betrifft sowohl die motorischen und gefäßerweiternden Zentren als auch den Muskel selbst. Daß der Muskel selbst — und mit ihm wollen wir uns zunächst allein beschäftigen — auch ermüden kann, geht daraus hervor, daß, wenn wir einen Muskel isolieren und ihn direkt reizen, auch Ermüdung eintritt, d. h. weitergehende Reizungen werden nicht mehr mit Zuckungen beantwortet. Überläßt man den Muskel nun eine Zeitlang sich selbst, so antwortet er wieder; es ist Erholung eingetreten. Die mechanische Leistung des Muskels infolge der Reizung geschieht auf Kosten von chemischen abbauenden Zersetzungen; es wird chemische in mechanische Energie umgewandelt. Auch der sog. ruhende Muskel ruht, wie wir sahen, nicht wirklich, sondern es gehen auch in ihm dauernd chemische Vorgänge, und zwar nebeneinander Abbau und Anbau, vor sich. Durch die Reizung wird der Abbau vergrößert. Was hat das für Folgen?

Beim Abbau werden zunächst einmal Produkte gebildet, die den weiteren Abbau verlangsamten oder aufheben; denn es ist keine Rede davon, daß etwa der den Reiz nicht mehr beantwortende Muskel kein abbaufähiges Material mehr hätte. Abbauhemmung durch beim Abbau entstehende Produkte ist auch sonst bekannt; hierher gehört z. B. die sog. Selbsthemmung der Hefegärung, die eintritt, wenn die aus dem Zucker gebildete Alkoholmenge einen bestimmten Grad erreicht hat. Damit ist zunächst einmal eine Gegenwehr gegen den weitergehenden Abbau von seiten des Muskels gegeben. Wir haben aber noch eine weitere anzunehmen, um die Erholung verständlich zu machen. Dabei folgen wir den wohl allgemein angenommenen Anschauungen des großen Physiologen *E. Hering*. In dem Maße, wie ein stärkerer Abbau eintritt, fällt die Neigung zum weiteren Abbau, wächst die Neigung der lebenden Substanz zum Wiederaufbau, um wieder abzunehmen in dem Maße, wie der frühere Zustand wieder erreicht wird, in welchem ein Gleichgewicht zwischen Ab- und Anbau besteht. Mit anderen Worten: durch den Abbau werden gleichzeitig für den

Anbau günstige Bedingungen geschaffen, und so kommt die Wiederherstellung zustande. Wir haben gesagt, daß das Nebeneinander von An- und Abbau für die lebende Substanz charakteristisch ist. In der Tat kennen wir meines Wissens keinen analogen Fall in der unbelebten Natur. Immerhin einen, der meines Erachtens bis zu einem gewissen Grad eine gewisse Ähnlichkeit hat: nämlich die reversible Katalysatorenwirkung. Es gibt Substanzen, Katalysatoren genannt, die den Abbau bestimmter Körper, andererseits den Wiederaufbau der Spaltprodukte zum ursprünglichen Ausgangsprodukt hochgradig beschleunigen. So spaltet Salzsäure das Äthylacetat in Äthylalkohol und Essigsäure, andererseits baut sie aus diesen beiden Produkten wieder Äthylacetat auf. Auch innerhalb des Organismus ist das Vorkommen solcher reversibler Katalysatorenwirkungen sicher nachgewiesen — in diesem Fall spielen die Fermente die Rolle der Katalysatoren — und es ist vielleicht mit einem gewissen Vorbehalt erlaubt, Abbau und Wiederaufbau auf analoge Vorgänge zurückzuführen, zumal auch die Richtung von deren Wirksamkeit dadurch bestimmt wird, ob mehr aufzubauen oder abzubauen Material im System gegeben ist. Mit dieser Annahme ist allerdings kein Analogon gegeben dazu, daß es sich bei den Vorgängen im Organismus um die Herstellung eines dynamischen Gleichgewichts handelt; denn die reversible Fermentwirkung findet ihr Ende in einem statischen.

Zusammenfassend ist nach allem zu sagen: der Muskel bringt sich nach Inanspruchnahme wieder auf seinen früheren Bestand an Material und Funktionstüchtigkeit dadurch, daß die Inanspruchnahme als solche die chemischen Bedingungen für die Wiederherstellung setzt.

Einen anderen Typus der Aufrechterhaltung der Funktion im eigenen Wirkungskreis werden wir nunmehr beim Herzen kennenlernen.

Das Herz übt die Funktion, die es im Organismus zu erfüllen hat, auch außerhalb des Organismus in vollkommener Weise aus, wofern nur die Flüssigkeit, mit der es gespeist wird, gewissen Bedingungen genügt. Die Funktion besteht darin, sich rhythmisch zusammenzuziehen und wieder zu erschlaffen. Woher kommt dieser Rhythmus und was hat er zu bedeuten? Der Rhythmus kommt daher, daß die Herzkammer, der wesentliche motorische Apparat, von einer bestimmten, außerhalb ihrer gelegenen Stelle, dem sog. Venensinus, rhythmische Reize erhält. Das läßt sich sehr elegant und einfach dadurch beweisen, daß nach Abtrennung dieser Stelle die Kammer sofort stillsteht. Man kann sie dann wieder zum Schlagen bringen, wenn man sie selbst direkt z. B. elektrisch reizt. Soviel zum Verständnis des Folgenden, auf das es für unser heutiges Thema allein ankommt; die Kammer schlägt nicht nur rhythmisch, wenn sie rhythmisch, sondern auch, wenn sie, z. B. durch den konstanten Strom, ununterbrochen gereizt

wird; darin liegt der Ausdruck der Tendenz, sich zugunsten der Aufrechterhaltung des Bestandes und der Funktion unabhängig zu machen von Außenstörungen und der Befähigung dazu. Würde die Herzkammer auf den Dauerreiz dauernd sich kontrahieren, so würde sie einerseits ihrer physiologischen Funktion nicht genügen, andererseits, da der Kontraktion Zersetzungen zugrunde liegen, eine Einbuße an Bestand erleiden. Welches ist aber der Mechanismus, der die Kammer befähigt, auf kontinuierlichen Reiz diskontinuierlich zu antworten? Die Prozesse, die der Zusammenziehung der Kammer zugrunde liegen, bewirken, daß während eines bestimmten Zeitabschnittes derselben die Kammer gänzlich unerregbar ist für Reize. So wird infolge der Selbsttätigkeit des Herzens gewissermaßen der kontinuierliche Reiz in einen diskontinuierlichen für das Herz umgewandelt.

Die Befähigung, zeitweise für Reize unerregbar, refraktär, zu werden, kommt nicht nur den Elementen der Herzkammer, sondern auch vielen anderen Zellen, z. B. innerhalb des Zentralnervensystems zu.

Es ist in hohem Maße wahrscheinlich, daß auch die Reizbildung im Venensinus Ausdruck der Umwandlung eines kontinuierlichen Reizes in einen diskontinuierlichen Reizerfolg ist, da kein Anhaltspunkt dafür vorliegt, daß die Reizerzeugung hervorrufenden Bedingungen rhythmisch wechseln.

In den beiden bisherigen Fällen haben wir Typen kennengelernt, wobei die Steuerung Folge der Organtätigkeit ist und im Organ selbst ohne die Zwischenkunft eines anderen sich vollzieht. Wir kommen nunmehr zu den weitaus häufigeren, wo die Steuerung zwar vom Organ ausgeht, aber ihren Weg über das Zentralnervensystem nimmt, um sich schließlich wieder am Organ selbst auszuwirken.

Dieser Mechanismus setzt also voraus, daß das Zentralnervensystem von den Bedürfnissen des Organs unterrichtet wird. Das ist denn auch der Fall, und zwar geschieht die Benachrichtigung durch gewisse Nerven, die sog. sensiblen oder rezeptorischen oder zentripetalen, die in den Organen beginnen und zum Zentralnervensystem ziehen. Ihre Anfänge in den Organen werden durch jegliche Änderung des Organes erregt, diese Erregung pflanzt sich im Nerven fort, wird dem Zentralnervensystem übermittelt und löst dort die entsprechende Reaktion aus. Alle Organe sind mit solchen Nerven versorgt und dadurch mit dem Zentralnervensystem in Verbindung.

So viel mußte vorausgeschickt werden, um das Verständnis der unter Hineinziehung des Zentralnervensystems sich vollziehenden Steuerungen vorzubereiten, von denen wir zunächst die Tonusfunktion des Muskels besprechen.

Die Bewegungsmuskulatur dient zwei Funktionen, erstens der Bewegung, zweitens der

Aufrechterhaltung einer gewissen Spannung, die man als Tonus bezeichnet. Dieser Tonus ist auch im äußerlich ruhenden Muskel vorhanden; dieser ist innerhalb der Norm nie völlig entspannt. Dieser Tonus wird nun derart reguliert, daß vom Muskel aus Erregungen zu dem Tonuszentrum gehen, so daß dieses einen dem jeweiligen Bedürfnis entsprechenden Tonus hervorruft; der Muskel selbst also verschafft sich den Tonus, den er braucht.

Fälle von Selbststeuerung wie die genannten sind ungemein häufig. Sie fallen unter die sog. propriozeptiven Reflexe, worunter man versteht, daß von einem Organ ausgehende, von dessen jeweiligem Zustand bestimmte sensible Erregungen zu den nervösen motorischen Apparaten des gleichen Organes ziehen und von dort eine Aktion im gleichen Organ auslösen. Auch die automatisch arbeitenden Organe scheinen dauernd derartige propriozeptive Reflexe auszulösen.

Diese Beispiele mögen genügen darzutun, wie die einzelnen Organe entweder selbst oder im Weg des propriozeptiven Reflexes befähigt sind, ihre Funktionen in der Norm und bei Störungen selbständig zu steuern. Nun müssen aber, wie wir sahen, die Organfunktionen auch vom Zentralnervensystem kontrolliert und reguliert werden. Darauf haben wir nunmehr einzugehen. Die notwendige Benachrichtigung des Zentralnervensystems über die Organbedürfnisse kann, wie dies bei den propriozeptiven Reflexen der Fall ist, eine nervöse sein, es kann aber das Zentralnervensystem auch durch chemische und physikalische Veränderung des Blutes von ihnen erfahren. Die benachrichtigte Stelle sendet dann entweder über ihr unterstellte andere Zentren oder direkt — allenfalls noch im Weg innersekretorischer Drüsen — hemmende oder fördernde Erregungen an die Organe.

Zunächst soll ein Beispiel gebracht werden, wobei das Zentralnervensystem eine Störung auszu-regulieren hat, von der es auf nervösem Weg erfahren hat.

Das Herz arbeitet am besten, wenn es einen Widerstand von einer bestimmten Größe zu überwinden hat. Nun kommen aber bereits innerhalb der physiologischen Breite, also im normalen täglichen Leben Umstände vor, die geeignet sind, den Widerstand größer oder kleiner zu machen, so daß die Herztätigkeit sich fortwährend ändern müßte, um den wechselvollen Ansprüchen gerecht zu werden. Trinken wir z. B. kaltes Wasser, so führt dies direkt zu einer Zusammenziehung weiter Gefäßgebiete des Magendarmkanals; kommen wir in kalte Umgebung, so führt dies zu einer Zusammenziehung sämtlicher Gefäße der Körperoberfläche. Durch beides würde der Widerstand, den das Herz zu überwinden hat, gesteigert, wären nicht ausgleichende Einrichtungen getroffen, die die Widerstandssteigerung gar nicht in die Erscheinung treten lassen. Diese Ausgleichsvorrichtung besteht in folgendem: in der Hauptschlagader des

Körpers, der Aorta, nimmt ein sensibler Nerv, der sog. Nervus Depressor seinen Ursprung und läuft zum Gefäßnervenzentrum. Die Anfänge dieses Nerven sind nun äußerst empfindlich gegen Schwankungen des Blutdrucks. Sobald dieser nun infolge Verengung eines Gefäßgebietes zu steigen beginnt, spürt das dieser Nerv und bewirkt einerseits eine entsprechende Erweiterung in den von der Verengung nicht betroffenen Gefäßgebieten, andererseits im Weg der herzhemmenden Nerven gleichzeitig eine Verlangsamung des Herzschlags; durch beides wird der gesteigerte Blutdruck mehr an den normalen herangebracht.

Erfährt in diesem Fall das Zentralnervensystem durch einen sensiblen Nerven von einer Störung, so erfährt es in den nunmehr zu besprechenden durch veränderte chemische Zusammensetzung des Blutes davon und reguliert daraufhin entgegen.

Der Wechsel von Einatmung und Ausatmung vollzieht sich automatisch, d. h. ohne Zwischenkunft der Willkür. Die Atmungsfunktion ist aber der Willkür nicht völlig entzogen; wir können bekanntlich den Atem anhalten. Aber nur eine kurze Zeit. Und das ist verständlich. Wenn schon, wie wir sahen, der Wille gebrochen wird bei der Innervation der Muskelleistung durch den Widerstand der dabei beteiligten Apparate, um wieviel mehr muß das zugunsten der Erhaltung des Individuums der Fall sein bei einer lebenswichtigen Funktion, wie sie die Atmung darstellt. Wäre das nicht der Fall und könnten wir willkürlich Atmung oder gar Zirkulation durch willkürliche Beeinflussung der Herzaktion stillstellen, so wäre die willensbegabte Tierwelt zweifellos schon längst ausgestorben. Aber so wie durch die Muskelleistung selbst die Bedingungen hergestellt werden, die ihrer schädlichen Fortsetzung ein Ende setzen, so beenden auch die Folgen der willkürlichen Atemhemmung diese selbst. Steht nämlich die Atmung eine gewisse Zeit, so verarmt das Blut natürlich an Sauerstoff. Da dieser notwendig ist zur restlosen Verbrennung im Stoffwechsel entstehender Produkte, treten bei Sauerstoffmangel unvollkommen verbrannte Produkte, namentlich Säuren auf. Sobald diese nun eine gewisse Konzentration erreicht haben, reizen sie das Atemzentrum und zwingen es auch gegen den Willen des Individuums seine Tätigkeit wieder aufzunehmen.

Wir haben bisher ausgleichende Gegenregulationen kennengelernt, wobei das die Gegenregulation einleitende Organ von dem Bedürfnis danach auf nervösem oder chemischem Weg erfuhr. Der Vollständigkeit und Wichtigkeit halber haben wir nunmehr eine Gegenregulation zu besprechen, wobei der Anreiz zu dieser ein rein physikalischer ist. Für die Aufrechterhaltung der optimalen Funktion unserer Protoplasmas ist eine bestimmte Temperatur Vorbedingung. In der Tat schwankt in der Norm unsere Körper-

temperatur nur innerhalb sehr enger Grenzen, etwa zwischen 36 und 37°, und sie bleibt auch innerhalb dieser Grenzen, gleichgültig, ob wir dem Organismus von außen Wärme zuführen oder entziehen, oder ob wir selbst mehr oder weniger Wärme produzieren, je nachdem, ob wir ruhen oder arbeiten, hungern oder Nahrungsmittel verbrennen. Diese Aufrechterhaltung der Eigen-temperatur ist Folge einer Regulation. An einer bestimmten Stelle des Gehirns befindet sich ein Zentrum, das temperaturempfindlich ist, für dessen Funktionsgrad also die jeweilige Bluttemperatur maßgebend ist. Steigt die Bluttemperatur, so werden von diesem Zentrum aus die ebenfalls im Gehirn gelegenen Apparate erregt, die der Wärmeabgabe dienen, so daß es zu einer gesteigerten Durchblutung der Haut und zu Schweißabgabe kommt. Ferner werden die Verbrennungen gedrosselt. Fällt die Bluttemperatur, so wird regulatorisch weniger Wärme durch die Haut abgegeben und der Stoffwechsel gesteigert. Diese Regulationen gehen so lange vor sich, bis die normale Bluttemperatur wieder erreicht ist. Unter den soeben mitgeteilten Tatsachen ist die von besonderer Wichtigkeit für uns, daß zu den Funktionen, die vom Wärmeregulationszentrum regulatorisch beeinflusst werden können, auch der Stoffwechsel gehört. Diese Tatsache zwingt dazu, kurz auf die Bedeutung einer innersekretorischen Drüse für die Regulationen einzugehen. Früher hatte man geglaubt, daß die bei Abkühlung bestehende Steigerung des Stoffwechsels ausschließlich Folge gesteigerter Muskelbewegung, des sog. Kältezitterns sei, die bei Überwärmung beobachtete Einschränkung des Stoffwechsels Folge auf das Mindestmaß verminderter Bewegungen. Durch neuere Untersuchungen hat sich aber ergeben, daß dem nicht so ist. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die regulatorische Änderung des Stoffwechsels nicht mehr zustandekommt bei Tieren ohne Schilddrüse. Von der Schilddrüse ist es nun bekannt, daß ihre Aufgabe darin besteht, einen Stoff an das Blut abzugeben, der den Stoffwechsel anregt. Da andererseits die regulatorische Stoffwechseländerung bei schilddrüsenlosen Tieren nicht mehr zustandekommt, müssen wir schließen, daß das Wärmeregulationszentrum den Stoffwechsel dadurch ändert, daß es die Schilddrüse zu je nachdem gesteigerter oder herabgesetzter Abgabe ihres Sekretes anregt. Das Regulationszentrum wirkt also nicht direkt auf den Stoffwechsel, sondern auf dem Weg über die Schilddrüse.

Ist in diesem Fall die Schilddrüse dem Nervensystem untergeordnet und arbeitet sie auf dessen Anregung, so geht aus anderen Erfahrungen hervor, daß die Schilddrüse, aber auch andere innersekretorische Organe ohne nervöse Impulse, also offenbar auf chemische Anregung hin regulatorisch ins Funktionsgetriebe eingreifen können. Auch hierfür möchte ich ein Beispiel anführen.

Zu den reparatorischen Prozessen nach Blutverlust gehört außer den schon oben angeführten auch der, daß in verhältnismäßig kurzer Zeit nach dem Blutverlust die roten Blutkörperchen an Zahl wieder zunehmen; der Blutverlust führt zu ihrer gesteigerten Bildung im Knochenmark. Die Blutneubildung bleibt aus oder ist nur geringfügig, wenn die Schilddrüse vorgängig herausgenommen war. Die O_2 -Armut des Blutes reizt also nicht nur das Zentralnervensystem, sondern, wie übrigens in besonderen Versuchen nachgewiesen wurde, auch direkt die Schilddrüse, und diese regt dann die Blutneubildung an. Dieser Fall ist ein Beispiel für eine Regulation, bei der das Zentralnervensystem nicht beteiligt ist. Hoffmeister verglich sie im Gegensatz zu den nervös übermittelten, die man gern mit Telegraphie vergleicht, mit drahtloser Telegraphie.

Alle Steuerungen, von denen wir bisher sprachen, kommen ohne Zwischenkunft unseres Bewußtseins zustande; die wenigsten der Bedürfnisse, die die Steuerungen auslösen, kommen überhaupt zum Bewußtsein, und dies ist ganz unbeteiligt an der Einleitung der Steuerung. Wir kommen nunmehr zu einigen Bedürfnissen, die uns zum Bewußtsein kommen und bei denen auch die Steuerung Sache unseres bewußten Eingreifens ist. Die Bedürfnisse werden uns bewußt durch sog. Allgemeingefühle, als da sind Hunger, Durst und Schläfrigkeit.

Wir besprechen zunächst den Hunger.

Zur Aufrechterhaltung seiner Funktionen braucht der Körper brennbares Material. Dies wird ihm in der Norm in Form der Nahrungsmittel von außen zugeführt. Wird die Zufuhr an diesen gebremst oder aufgehoben, so kann der Körper noch eine nicht geringe Zeit weiterleben. Er lebt dann auf Kosten seines eigenen Bestandes an Brennmaterial. Dadurch wird sein Gesamtbestand vermindert, aber die lebenswichtigen Funktionen, vor allem die des Herzens und Gehirns, leiden dabei keine Einbuße. Das kommt daher, daß sie als dauernd betätigte das notwendige Material sich selbst verschaffen, und zwar ist der Vorgang folgender: ein arbeitendes Organ braucht mehr als ein ruhendes. Dies Mehr verschafft es sich dadurch, daß bei der Arbeit Produkte gebildet werden, die zu einer Gefäßerweiterung in ihm und damit zu einem größeren Blutstrom führen; so wird ihm mehr O_2 und mehr Nährmaterial zugeführt. Da ferner, wie wir sahen, in dem Maße wie bei der Arbeit abgebaut wird, auch die Neigung zum Anbau wächst, wird das arbeitende Organ auf seinem Bestand bleiben. Wenn nun auch ohne oder bei zu geringer Zufuhr von außen der Körper noch weiter auf Kosten seines Bestandes existieren kann, ist doch die Reduktion des Bestandes nicht wünschenswert, und so kommt nun der Augenblick, wo der Körper ohne Zufuhr von außen

seinen Bestand angreifen müßte, in Form des Hungergefühls zum Bewußtsein.

Über den Mechanismus, wie das Hungergefühl zustande kommt, ist einiges bekannt. Zunächst wurde nachgewiesen, daß die volkstümliche Ausdrucksweise: „der Magen zieht sich vor Hunger zusammen“ oder „er knurrt vor Hunger“ vollberechtigt ist. Denn registriert man graphisch die Magenbewegungen, so findet man, daß dem Hungergefühl jedesmal eine starke Magenkontraktion vorhergeht. Diese Hungermagenkontraktionen kommen auch zustande, wenn der Magen vorher nervös völlig isoliert war und auch, wenn man Hungerblut einem satten Tier injiziert; sie kommen also auf chemischem Wege zustande, offenbar infolge des Auftretens chemischer Stoffe im Blut. Wahrscheinlich ist das Hungergefühl nicht nur die Folge der Magenkontraktion, sondern auch einer gleichzeitigen Wirkung der Stoffe auf das Gehirn.

Wir wenden uns nunmehr der Besprechung des Schlafes zu. Wenn wir auch gesehen haben, daß dem Zentralnervensystem als wesentlichem Regulator ein Großteil der Körperfunktionen unterstellt ist, ist es seinerseits doch ein Organ wie jedes andere und somit von den übrigen Organen ebenso abhängig wie diese von ihm. Das geht ja schon daraus hervor, daß das Ausmaß seiner regulierenden Tätigkeit ganz vom Zustand der Tätigkeit der Organe bestimmt wird. Aber auch seine sonstigen Eigenschaften sind denen der übrigen Organe analog. Wir haben bereits erwähnt, daß ebenso wie z. B. die Zellen des Herzens auch die des Zentralnervensystems in gereiztem Zustand refraktär gegen weitere Reize sind. Auch chemische Änderungen des Blutes wie O_2 -Mangel äußern sich beim Zentralnervensystem analog wie an anderen Organen. So ist es verständlich, daß der Rhythmus zwischen Assimilation und Dissimilation wie anderen Organen, so auch dem Zentralnervensystem zukommt. Die Assimilationsperiode nennen wir Schlaf.

Der Schlaf stellt nicht etwa eine Ausschaltung sämtlicher Funktionen dar, wie die Narkose, sondern einen eigenartigen koordinierten Symptomenkomplex. Da derartige koordinierte Symptomenkomplexe in der Regel von einem Zentrum ausgehen, so ist man in der letzten Zeit, wie mir scheint, mit Recht, geneigt, ein eigenes Schlafzentrum anzunehmen. Die Ursache des Zustandekommens des Rhythmus von Wach- und Schlafzustand ist unbekannt. Nehmen wir ein Schlafzentrum an, so dürften für die rhythmische Tätigkeit analoge Zentren Eigenschaften in Betracht kommen, wie wir sie bei anderen rhythmisch arbeitenden Zentren zum Teil besprochen haben.

Hunger, Durst und Schlaf lust sind, wie wir sahen, Allgemeingefühle, die die im wesentlichen einzigen Bedürfnisse anzeigen, deren Befriedigung bis zu einem gewissen Grad nicht autonom

geschieht, sondern Sache unseres bewußten Eingreifens ist. Diese Bedürfnisse unterscheiden sich nun dem Anschein nach dadurch von den autonom regulierten, daß ihre Nichtbefriedigung nicht unmittelbar funktions- oder gar lebensbedrohend ist. Auf die Dauer allerdings ist Schlaf ebenso unentbehrlich wie die Zufuhr von Nahrung; hindert man Hunde künstlich längere Zeit am Schlaf, so gehen sie zugrunde. Aber die tägliche Erfahrung lehrt, daß man mit einem Minimum von Schlaf lange Zeit auskommt. Danach scheint es, als ob nur die Befriedigung nicht unmittelbar lebenswichtiger Bedürfnisse dem bewußten Willen überlassen ist, was mir persönlich neben anderem für die bescheidene Bedeutung des Bewußtseins für die Erhaltung des Individuums zu sprechen scheint.

Es sei nun noch erlaubt, mit wenigen Worten auf die Steuerungen im psychischen Leben einzugehen. Es kann kaum zweifelhaft sein, daß, so wie das somatische auch unser psychisches Leben Ausdruck eines Strebens nach einem Gleichgewicht und Neigung zum Festhalten an einem solchen ist. Bewußt erstreben wir nur die Lust, die mit dem Gleichgewicht verbunden ist. Die wahre Ursache dieses Strebens nach Lust ist uns meist unbewußt; es ist die, daß die Lust die besten Bedingungen für unsere Leistungsfähigkeit setzt. Natürlich kann beim Eingehen auf die Bedeutung der Steuerung auf dem Gebiet der Psyche nur ganz unsystematisch vorgegangen und nur einzelnes herausgegriffen werden.

Das unbewußte Streben nach dem Gleichgewicht findet zunächst seinen Ausdruck in dem Instinkt, der unsere Neigungen und Abneigungen dirigiert; der eingepferchte Städter sucht das Freie, der Bauer umgekehrt die dämpfe Stube. Oder ein Beispiel von *Pflüger* anzuführen: bald flieht der Mensch das Geräusch und die Arbeit, bewußt ist ihm dabei nur, daß sie ihm widrig, bald sucht er sie auf, bewußt ist ihm dabei nur, daß er sich daran ergötzt. In Wirklichkeit bedarf er dort Ersatz für Verlust, hier der Verwandlung gestauter Energie in Arbeit; denn beides ist für die Gesundheit notwendig. Nach unserer Definition würde Gesundheit heißen: Bedingung für die Aufrechterhaltung des optimalen Funktionsvermögens.

Daß sich auch nach schweren Affekten das Gleichgewicht meist wieder herstellt, ist bekannt. Ich greife gerade dies heraus, weil der Ausgleich eine ähnliche Erscheinungsweise zeigt, wie die somatischen Regulationen; ein tiefergehender Affekt bewirkt eine Art refraktärer Periode der Psyche, die man als Abstumpfung bezeichnet, so daß Einwirkungen, die beim Gleichgewichtigen das Gleichgewicht stören würden, hier eindruckslos bleiben.

Bei genauerem Hinschauen können wir erkennen, daß der geistige Habitus eines Menschen unbewußt der Ausdruck von Selbstschutzbestreben

ist; je weniger einer bedeutet, um so mehr sucht er es zu verbergen, indem er sich bemüht, anders zu erscheinen; würde er erscheinen, wie er ist, so würde die Verurteilung durch die Mitwelt sein Selbstvertrauen und damit seine Leistungsfähigkeit noch mehr schädigen. Darum gibt es kaum einen so glühenden Haß, wie demjenigen gegenüber, der unter den mühsam ausgebreiteten Schleier des Selbstschutzes schaut und, was er da von Armseligkeit findet, mitteilt; er zerstört ja damit gewissermaßen die Lebensmöglichkeit des betreffenden armen Teufels.

Auch unsere Leistungen auf rein geistigem Gebiet bedeuten nur einen Ausgleich; wir sprechen von der Stillung des geistigen Hungers. Bei verschiedenen Individuen ist dieser natürlich verschieden groß bis zum fast völligen Fehlen beim sog. saturierten Menschen. Ich sage ausdrücklich fast völliges Fehlen; denn es gibt wohl so wenig wie im Somatischen im Psychischen einen statischen Zustand.

Wie bei den somatischen Funktionen durch die Betätigung in einer Richtung die Neigung zur entgegengesetzten entsteht und sich steigert bis zur Erreichung des Gleichgewichts, so scheint es auch im Geistigen zu sein; wir verlangen z. B. im Musikstück nach Auflösungen, ferner nach dem langsamen Satz einen schnellen. Wir verlangen ein gemischtes Konzertprogramm. Das Bedürfnis nach Rhythmus der Farbe und Linie, nach Kontrastwirkungen der Handelnden im Drama, sei als weiterer Beleg aus der Überfülle der möglichen hier angeführt.

Bezieht sich das zuletzt Gebrachte auf den Inhalt geistiger Schöpfungen, so sei schließlich noch ein Wort dazu gestattet, ob nicht in diesen Zusammenhang auch die Frage gehört nach dem, was uns überhaupt zu diesen Schöpfungen treibt, mit anderen Worten, was jene höchste Äußerung unseres Geistes, die wir als Kunst bezeichnen, mindestens in einer wesentlichen Hinsicht für uns bedeutet.

Wenn wir so geartet sind, daß wir dauernd einen Ausgleich anstreben müssen, so ist es begreiflich, daß es uns eine Lust sein und, da die Kunst Menschenwerk ist, zuversichtlich machen muß, wenn wir durch Menschenwerk das Gleichgewicht verwirklicht sehen, das wir erstreben, aber selten erreichen. Offenbar bedeutet aber der Kunstgenuß oft mehr als die bloße Befriedigung einer vielleicht überflüssigen oder unnötigen Lust. Denn wir sprechen geradezu von einer erlösenden, d. i. ausgleichenden Wirkung der Kunst, insonderheit der Musik. Dabei brauchen wir uns dessen, was nach Erlösung strebt, gar nicht bewußt zu sein. Wir wissen z. B. gar nicht, worauf die Musik in uns wirkt. Wenn wir sie aber als erlösend empfinden, muß es in uns uns unbewußt Unerlöstes, also Störungen von solchen Seiten unseres Wesens geben, von deren Existenz wir nur dadurch erfahren, daß die Musik wirkt, d. h. erlöst oder ausgleicht.

Die im allgemeinen tiefere Wirkung von harmonischen Gehörs- als Gesichtsausdrücken mag mit der geringeren und selteneren Inanspruchnahme des Gehörorgans für harmonische Eindrücke und der daher größeren Neigung zu solchen zusammenhängen.

Auf weiteres das Psychische Betreffendes möchte ich nicht eingehen, da wir im Gegensatz zu den somatischen Regulationen hier den Mechanismus, wie die Regulation zustandekommt, nicht analysieren können. Ich glaubte aber die Psycho streifen zu müssen, um zu zeigen, daß hier offenbar die gleiche Gesetzmäßigkeit waltet wie beim Somatischen. Dabei bin ich mir voll bewußt, daß es sich zunächst einmal um Lang-erkanntes handelt. Schon Aristoteles dachte sich als Ziel des Lebens die *μωδός προς ήνός*, d. h. die Erreichung der inneren persönlichen Mitte. Und schon Aristoteles sah in der Kunst, vorzüglich in der dramatischen und der Musik, das geeignetste Mittel, Störungen dieses Gleichgewichts vorzubeugen bzw. zu beheben. Vielleicht handelt es sich ferner bei diesen Dingen auch um Selbstverständliches. Denn die Psyche ist ja nicht unabhängig, sondern irgendwie an das Somatische und dessen Gesetzmäßigkeiten gebunden. Sie scheint uns nur während des geistigen Handelns frei, weil wir uns dabei der Existenz und Art der bestimmenden Faktoren nicht bewußt sind.

Fassen wir zum Schluß alles, was wir über das Wesen der Steuerungen im Organismus gehört haben, zusammen, so kommen wir zu folgendem Schluß: Die Abweichungen der lebenden Substanz von der mittleren Linie setzen selbst die Bedingungen zur Wiedererreichung derselben oder, mit *Pflügers* Worten ausgedrückt: die Ursache eines Bedürfnisses, also die Störung, ist die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung¹⁾.

Die Bausteine der Erdkruste.

Von E. Bederke, Breslau.

Die Methoden der Petrographie.

Von allen Zweigen der geologischen Wissenschaft ist der am wenigsten einheitliche, aber darum auch der vielseitigste in Problemstellung und Methode die Petrographie im weitesten Sinne. Wie die Stratigraphie und Tektonik ist sie von den praktischen Erfahrungen des Bergbaus ausgegangen, aber bald wurde sie in besonderer Weise Gegenstand spekulativer Naturbetrachtung. Der berühmte und berüchtigte Streit der Neptunisten und Plutonisten kennzeichnet hinreichend jene Periode. Eigentlich erst die Anwendung mikroskopischer Methoden auf die Gesteinswelt ließ eine wissenschaftliche Petrographie sich entwickeln

und zugleich einen ungeheuren Aufschwung nehmen. Die großartigen Fortschritte der petrographischen Erkenntnis, die die mikroskopische, die Dünnschliffpetrographie brachte und die an die Namen *Rosenbuschs* und *Zirkels* und ihrer Schüler geknüpft ist, haben die Grundlagen geschaffen zu der Auffassung und Systematik der Gesteinswelt, wie sie im großen und ganzen heute allgemein angenommen und anerkannt sind. Indessen liegt gerade in der mikroskopischen Methode eine Gefahr, die nicht immer recht gewürdigt worden ist, die Gefahr nämlich, über der Freude an der Erkenntnis des kleinsten und feinsten Aufbaus der Gesteine die großen Zusammenhänge zu vernachlässigen. Die in ihrer exakten Methode so bestechende mikroskopische Petrographie wurde oft zur Petrographie von Handstücken, deren Zusammenstellung keineswegs immer dem größeren Verstande gefolgt wird; die petrographische Untersuchung führte häufig zu Ergebnissen, die mit der geologischen Felduntersuchung und ihren Erfahrungen keineswegs in Einklang stand. So erwuchs denn allmählich ein den Fortschritt der Erkenntnis recht empfindlich beeinträchtigender Gegensatz — ich möchte sagen — zwischen mineralogischer und geologischer Petrographie, der erst in den letzten Jahren überwunden werden konnte, nicht zuletzt unter dem Einfluß der dritten Methode petrographischen Arbeitens, der physikalisch-chemischen. Diese neue Methode, die als vorwiegend deduktiv theoretische den beiden induktiv arbeitenden Gegenstand und von der „mineralogischen“ gewissermaßen den Stoff und von der „geologischen“ die Bedingungen nahm und verarbeitete, hat wesentlich dazu beigetragen, alte Gegensätze zu überbrücken und damit unsere gesamte Auffassung der Gesteinswelt wesentlich zu vereinheitlichen. Resorption und Assimilation stehen nicht mehr in unüberbrückbarem Gegensatz zur Differentiation, und nicht alle Gesteine mit der Textur der kristallinen Schiefer sind schlechtweg dynamometamorphe Gesteine — um nur zwei alte Streitpunkte heranzugreifen.

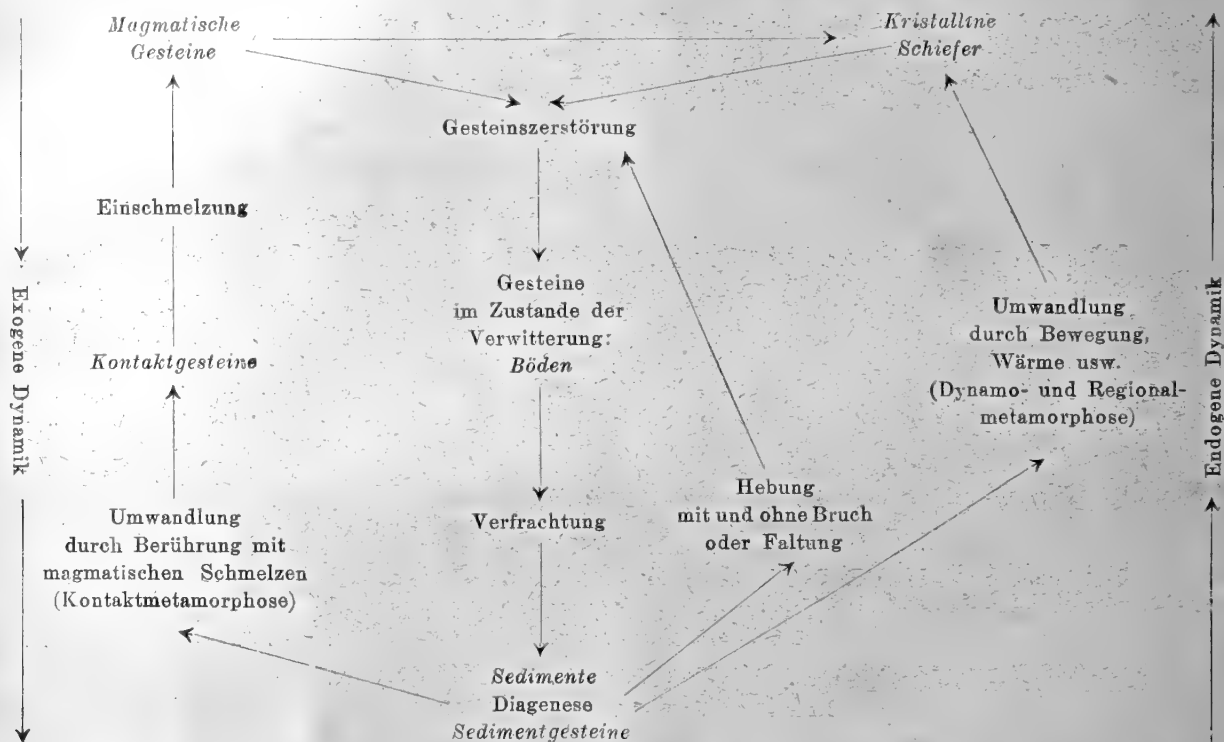
Über die großartigen Fortschritte, die gerade die physikalisch-chemische Methode der Petrographie gebracht hat, ist an dieser Stelle wiederholt von zuständiger Seite berichtet worden (vgl. *P. Niggli*, 1916 und 1921). In dieser Besprechung stehen vielmehr die geologischen Zusammenhänge im Vordergrund.

Der Kreislauf der Stoffe.

Wie alle anderen Naturprodukte sind auch die Gesteine in ihrer Gestaltung ebenso sehr von der stofflichen Zusammensetzung wie von den wirkenden Kräften abhängig. Ein Gestein ist nur unter ganz bestimmten Bedingungen beständig, mit seiner Umgebung im Gleichgewicht. Ändern sich diese Bedingungen, so strebt notwendigerweise auch das Gestein einem neuen

¹⁾ S. Die Naturwissenschaften 10, 782, 1922, und 11, 49, 1923.

Gleichgewicht zu. Es ist ebenso sehr eine Förderung des Prinzips von der Erhaltung der Materie wie eine geologische Erfahrung, daß die Bildung und Umbildung der Gesteine großen Kreislaufvorgängen entspricht. Ein Schema, von *H. Cloos* entworfen, erläutert diesen petrographischen Stoffkreislauf aufs beste:



Die Gestaltung des Magmas.

Daß alle magmatischen Gesteine schließlich von einem ursprünglich homogenen Stammagma abzuleiten sind, ist eine allgemeine Annahme. Wann, wo und unter welchen Umständen die Spaltung in spezifisch zusammengesetzte Teilmagmen erfolgte, ist dagegen eine viel diskutierte Frage. Ob schon frühzeitig wesentlich unter dem Einfluß der Schwere eine Trennung in eine kieselsäurereiche Außenschale (Sal) und eine schwermetallreichere Innenschale (Sima) stattgefunden hat, oder ob auch heute noch mit einem universell homogenen Stammagma gerechnet werden darf, ist ein Problem, zu dem Geophysiker, Geologen und Petrographen noch eine weit auseinandergehende Stellung einnehmen. Die Sueß-Wiechertsche Tiefengliederung ist die Grundlage der Hypothese *Wegeners* von den Kontinentalverschiebungen geworden, und die Schweremessungen scheinen diese Grundlage zu befestigen. Andererseits weisen gewichtige geologische und petrographische Zusammenhänge zum mindesten auf Übergangszonen der Magmenschalen und auf einen mehr oder weniger schiefen Aufbau des Magmas hin. Diese Auffassung fand ihren Ausdruck in der Gliederung der magmatischen Gesteine in blutsverwandte Sippen,

die pazifische und atlantische Sippe *Beckes* und die nach ähnlichen Gesichtspunkten zusammengefaßten Alkalikalk- und Alkaligesteine *Rosenbuschs*. Einen besonderen und viel diskutierten Standpunkt vertritt *Daly*, er nimmt an, daß im Urzustande die Erde eine schmelzflüssige granitische Außenschale und eine basaltische innere

Magmenzone gehabt habe. Aber noch im Archai-kum sei die granitische Außenschale restlos erstarrt, und seit dem Algonkium entstammen alle Intrusionen und Extrusionen dem allgemein verbreiteten homogenen basaltischen Magma. Soweit aber die Ansichten über den Aufbau der Magmazone auseinandergehen mögen, in einem wesentlichen Punkte herrscht heute eine einstimmige Auffassung: die endgültige Gestaltung eines in die Erdkruste eintretenden Magmas ist eine Funktion der örtlichen geologischen Bedingungen, insbesondere des Bewegungszustandes des betreffenden Krustenabschnittes. Auf dieser Erkenntnis beruht die innige Verknüpfung von Tektonik und Magmenaufstieg und -gestaltung. Nicht nur Ausbildung und Anordnung der sich bildenden Mineralien (Struktur und Textur der Gesteine) werden von diesen Bedingungen bestimmt, sondern auch die Art der Minerale selbst; magmatische Gesteine können selbst bei gleicher chemischer Zusammensetzung verschiedene Mineralassoziationen aufweisen. Am konsequentesten ist dieser Gedankengang von *W. Hommel* entwickelt worden: Alle Gesteinsformen sind lediglich unter verschiedenen geologischen Bedingungen entstandene Produkte eines und desselben Magmas. Die Ausscheidung ein-

zelter Molekelgruppen bzw. Minerale und die Trennung der ausgeschiedenen Bestandteile vom übrigen Schmelzfluß wirken besonders vielgestaltend auf das Magma ein. — Diese Auffassung zeigt unverkennbare Anklänge an die Kristallisations-differentiation *Bowens*, der in dem Absinken der zuerst ausgeschiedenen Mineralien die wesentliche Ursache der Differentiation der Magmen erblickt. *W. Hommel* hat diese Auffassung weiter ausgebaut und auch den übrigen geologischen Bedingungen einen weitgehenden Einfluß auf den Differentiationsverlauf eingeräumt: Abkühlungsgeschwindigkeit, Druckverhältnisse und der Bewegungszustand der Umgebung bestimmen die endgültige Gestaltung eines Eruptivgesteins. Einer „orthogenen“, den Alkalikalkgesteinen entsprechenden Reihe mit ruhigem langsamen Abkühlungsverlauf steht eine typisch durch den Monzonit vertretene „paragene“ Reihe mit relativ rascher, durch tektonische Bewegungen beeinflusster Abkühlung gegenüber. Eine Mittelstellung nehmen die syenitischen Gesteine ein. Diese Auffassung wird in besonderer Weise der tektonischen Stellung dieser Massen gerecht, denn ebenso wie die menzonitisch-tonalitischen⁴⁾ Gesteine der periadriatischen Zone, deren Intrusionsmechanismus *W. Salomon* kennen gelehrt hat, sind auch viele Syenite der deutschen Mittelgebirge in eigentümlicher Weise an tektonische Grenz- und Bewegungszonen gebunden. Die Alkaligesteine erscheinen gewissermaßen nur als eine besondere Fazies gegenüber den „normal“ entwickelten Alkalikalkgesteinen und sind durch alle Übergänge mit ihnen verbunden. Zu einer in mancher Beziehung ähnlichen Einteilung kommt *P. Niggli* nach rein chemischen Gesichtspunkten, der der Alkalikalkreihe eine Alkalreihe mit Natronvormacht gegenüberstellt und die syenitisch-monzonitischen Gesteine als eine besondere Kalireihe zusammenfaßt. Ähnlich wie *W. Hommel* gesteht auch *F. v. Wolff* den geologischen Bedingungen, vor allem den Krustenbewegungen, einen wesentlichen Einfluß auch auf die stoffliche Gestaltung der Eruptivgesteine zu: in der Mineralzusammensetzung spiegelt sich die ganze Vorgeschichte eines Eruptivgesteins wieder.

Es ist also von ganz besonderer Bedeutung, die geologischen Bedingungen, vor allem den Bewegungszustand der Erdkruste während der Magmenförderung zu kennen. Geologisch bildet sich der Bewegungszustand der Erdkruste bei Eintritt eines Magmas vor allem in dem Verbands des Eruptivgesteins mit dem Nebengestein ab. *R. Lepsius* ganz besonders hat auf den wesentlichen Unterschied konkordanten und diskordanten Verbandes hingewiesen und dessen

Einfluß auf die endgültige Gestaltung der Intrusivgesteine betont. Die letzten Folgerungen hat erst *H. Cloos* gezogen auf der Grundlage des einheitlichen Gedankens: *Vulkanismus ist Tektonik mit hochplastischem Material*. Über seine granit-tektonische Methode und deren Bedeutung für die Tektonik ist bereits in dem Kapitel „Innere Dynamik“ eingehend berichtet worden. Hier soll ihre Bedeutung für die Petrographie gewürdigt werden.

Die beiden hauptsächlich unterschiedenen tektonischen Bewegungsarten, *Faltung* und *Bruchbildung*, kehren auch bei magmatischen Vorgängen wieder. Faltung schafft konkordante Räume auch für ein hinzutretendes Magma, und die Faltungsbewegungen werden notwendigerweise auch in dem erstarrenden Schmelzfluß abgebildet; es können somit Intrusivmassen primär zu „Gneisen“ gebildet werden, wenn ihre Intrusion mit der Faltung in ursächlichem Zusammenhang steht. Bruchbildung schafft diskordante Räume auch für das Magma, aber auch diese Bruchbildung erfolgt unter regional einheitlichen Druckwirkungen, die ihrerseits in den gerichteten Merkmalen auch der diskordanten Massive abgebildet werden. Mit Hilfe der Clooschen Methode läßt sich durch Berücksichtigung aller gerichteten Merkmale einer Intrusivmasse der Bewegungszustand der Erdkruste während des Eindringens von Magmen rekonstruieren, und damit wird ein wesentlicher Faktor der Gestaltung magmatischer Gesteine der Bewertung zugänglich.

Neben allen äußeren Faktoren spielt aber bei der Gestaltung des Magmas eine spezifische Eigenschaft desselben eine außerordentlich wichtige Rolle, nämlich der *Gehalt an leichtflüchtigen Bestandteilen*. Die Bedeutung dieses lange Zeit vernachlässigten Faktors bei allen magmatischen Vorgängen hat *P. Niggli* überzeugend dargetan. Besonders wichtig geworden ist diese Erkenntnis für ein lange Zeit hindurch strittiges Gebiet in der Petrographie, für die Frage der *Injektion* und *Resorption* des Nebengesteins durch magmatische Gesteine. Unter Injektion versteht man das Eindringen des Magmas, namentlich der besonders leicht beweglichen Spaltungsprodukte desselben in die Fugen, Schichten und Klüfte des Nebengesteins. Es findet so eine Durchtränkung mit schmelzflüssigem Material statt, die schließlich zur völligen Auflösung und Einschmelzung, zur Resorption des Nebengesteins führen kann. Die Injektion erfolgt besonders auf den Bewegungsflächen des Nebengesteins, d. h. auf den Flächen, längs denen die Verschiebungen bei der Faltung oder Bruchbildung erfolgt sind bzw. erfolgen. Wenn also den mit schwerflüchtigen Stoffen gesättigten Dämpfen und Lösungen Gelegenheit gegeben wird, auf Bewegungsflächen zu entweichen, wird eine intensive Injektion des Nebengesteins eintreten müssen, die bis zur Bildung von Mischgesteinen gesteigert werden kann. Der Gasgehalt wird

⁴⁾ Als Monzonit und Tonalit werden eigentümliche Übergangsglieder zwischen granitischen und dioritischen Gesteinen bezeichnet, für die u. a. das Zusammenkommen von Kalifeldspat und Kalnatronfeldspat bezeichnend ist.

dabei die Mobilität der Lösungen außerordentlich erhöhen. Selbst die Aufnahme leichtflüchtiger Bestandteile aus dem Nebengestein kann in demselben Sinne wirken, wie die Beobachtungen *E. Kaisers* von Granitgängen in Südwestafrika am Kontakt gegen dolomitische Kalke gezeigt haben. Dort hat die aus dem Dolomit aufgenommene Kohlensäure die Injektionskraft der granitischen Gänge neu belebt. Eine besondere Steigerung der Injektion ist die Resorption und Assimilation des Nebengesteins. Zahlreiche Intrusivmassen haben ihre endgültige Gestaltung und Zusammensetzung einer beträchtlichen Resorption und Assimilation von Nebengestein zu verdanken. Als ein besonderes Kennzeichen dieser hybriden Gesteine ist ihre wenig einheitliche, vielmehr in weiten Grenzen schwankende chemische und mineralogische Zusammensetzung anzusehen. Auch für diese Auffassung hat die physikalisch-chemische Betrachtungsweise die Möglichkeit bestätigt: das Magma wirkt als Lösungsmittel, das sich zu sättigen sucht (*P. Niggli*).

Nahezu ausschließlich eine Funktion des Gasgehalts der Magmen ist der Vulkanismus im engeren Sinne, die Bildung der Ergußgesteine mit ihren Nebenerscheinungen.

Mit der Bildung der Eruptivgesteine ist die Gestaltung des Magmas noch nicht abgeschlossen. An die liquidmagmatische Phase schließt sich die pneumatolytische und hydrothermale Phase an, wesentlich bedingt durch die leichtflüchtigen Bestandteile des Magmas. Als magmatische Restlösungen enthalten sie die selteneren Elemente in größerer Konzentration und werden dadurch von eminenter praktischer Bedeutung für die Bildung nutzbarer Lagerstätten. Als Träger hochaktiver chemischer Reagentien wirken sie unter Umständen umbildend und zersetzend auf das in der liquidmagmatischen Phase gebildete Gestein und leiten damit die Gruppe von Vorgängen ein, die als Zerstörung und Umwandlung der Gesteine betrachtet werden soll.

Gesteinszerstörung. Boden- und Sedimentbildung.

Es ist durchaus nicht leicht zu sagen, wann die Bildung eines Gesteins abgeschlossen ist und seine Umbildung bzw. Zerstörung beginnt. Im Grunde genommen ist jedes Gestein nur im Augenblick seiner Entstehung mit seiner Umgebung im Gleichgewicht. Gelangen die unter mehr oder minder hohen Drücken und Temperaturen gebildeten magmatischen Gesteine in den Wirkungsbereich der Atmosphäre mit niedrigen Drücken und Temperaturen, so setzen notwendigerweise Umwandlungsvorgänge ein, wesentlich unter der Wirkung der Atmosphärien, insbesondere des Wassers. Bodenbildung bei Zersetzung an Ort und Stelle, Sedimentbildung bei Verfrachtung und Ablagerung der Zersetzungsprodukte in einem der atmosphärischen Medien Luft, Wasser oder Eis. Böden, Trümmer- und Ausscheidungssedimente gehen als neue Gesteinsbildungen aus den Umwandlungs- und Umlage-

ungsprozessen hervor. Obgleich nun alle diese Vorgänge der Beobachtung meist unmittelbar, jedenfalls viel leichter zugänglich sind als die magmatischen Vorgänge, so sind sie darum z. T. nicht weniger problematisch. Der Grund dafür liegt wohl vor allem darin, daß man in diesen Erscheinungen lange Zeit etwas Selbstverständliches und darum Uninteressantes gesehen hat. Erst in letzter Zeit fing man an, auch hier Probleme zu sehen, die einer Bearbeitung würdig sind, und so gehört die systematische Untersuchung der Verwitterung, der Boden- und Sedimentbildung, die wissenschaftliche Bodenkunde und Sedimentpetrographie zu den jüngsten Zweigen der geologischen Wissenschaft. Es kann in diesem Rahmen nicht auf die zahlreichen Probleme der Boden- und Sedimentbildung eingegangen werden, dazu sind die Fragen zu mannigfaltig und der Stoff zu wenig einheitlich. Es können nur einige Punkte angedeutet werden, ohne den Fragekomplex auch nur im entferntesten zu erschöpfen.

Die Verwitterung und ihr unmittelbares Ergebnis, die Böden, werden jetzt nahezu ausschließlich als eine Funktion des Klimas angesehen. Die Hauptprodukte bei der Verwitterung und darum besonderer Gegenstand der Bodenkunde sind kolloide Substanzen, die Bodenkunde ist also zu einem guten Teil angewandte Kolloidchemie. Die geologische Seite der Verwitterung und Bodenbildung ist in neuerer Zeit besonders von *H. L. F. Harrassowitz*, *R. Lang* und *H. Stremme* bearbeitet worden. Ein immer noch viel diskutiertes Problem ist die Lateritbildung.

Wenn sich auch die meisten Stratigraphen mehr oder minder mit sedimentpetrographischen Fragen beschäftigt haben, so ist doch die Bedeutung einer systematischen Sedimentpetrographie erst von *J. Walther* betont worden. Um ihren Ausbau haben sich in Deutschland besonders *K. Andrée* und *E. Philippi*, in Amerika *A. W. Grabau* verdient gemacht. Die Unsicherheit in vielen Fragen der Sedimentpetrographie ist nicht zuletzt in der Schwierigkeit begründet, den ganzen Komplex der variablen Bedingungen bei der Sedimentbildung zu übersehen und in Rechnung zu stellen. Außer dem Relief der Erdoberfläche zur Ablagerungszeit sind alle Faktoren des Klimas, insbesondere Temperatur, Menge und Verteilung der Niederschläge ebenso zu berücksichtigen wie der Zustand des Ablagerungsmediums, bei wäßrigen Lösungen vor allem die Konzentration, die Lösungsgegnossen sowie endlich die Mitwirkung von Organismen. Häufig sind aber auch tektonische und vulkanische Erscheinungen von Einfluß auf die Gestaltung einer Ablagerung, und selbst die kosmische Herkunft gewisser Sedimente wird diskutiert.

Ein bezeichnendes Beispiel für die Schwierigkeit sedimentpetrographischer Fragen ist die immer noch nicht restlos geklärte Genesis eines weit verbreiteten fossilen Sediments, des dichten

Kalkes. Neuerdings wird an eine wesentliche Mitwirkung kalkabscheidender Bakterien gedacht. Für eine Reihe von Trümmersedimenten wird selbst die Frage nach dem Transport- und Ablagerungsmedium diskutiert, so bei den Sandsteinen des Buntsandsteins, wo man neben kontinentaler, vorwiegend äolischer Entstehung auch marine Ablagerung auf Grund paläontologischen Materials verfißt. Dem Bedürfnis, die Bildungsbedingungen einer Sedimentfolge in Zusammenhang mit den klimatischen Faktoren zu bringen, entspricht die Deutung, die *J. F. Pompeckj* dem Wechsel toniger und kalkiger Gesteine in den Juraprofilen gibt. Die wechselnde Sedimentation ist eine Funktion der wechselnden Niederschlagsverhältnisse, bei reichlichen Niederschlägen wird Ton, in niederschlagsarmen Zeiten Kalk abgelagert. Einen neuen sehr beachtenswerten Versuch, das in den Sedimenten einzelner Formationen reichliche Vorkommen an sich seltener Mineralien zu erklären, unternimmt *J. Samojloff*, der den Barium-, Strontium-, Vanadium-, aber auch den Kupfergehalt derartiger Mineralien auf die Skeletteile bzw. das Blut von Meeresorganismen der betreffenden Periode zurückführt. Auch die Bildung des Erdöls wird jetzt einheitlich als eine Zersetzung organischer Substanzen unter Luftabschluß angesehen. Der Verkohlung der höheren Pflanzen entspricht die Verölung der niederen fett- und eiweißhaltigen Pflanzen und Tierreste.

Eine ganz besonders häufig aufgeworfene Frage der Sedimentpetrographie ist endlich die, ob die heutigen Eigenschaften gewisser Sedimente ursprüngliche oder nachträglich erworbene sind. Die Genesis der Dolomite, zahlreicher schichtiger Erzlagerstätten und der Salzlager gehört hierhin. Es ist keineswegs immer ohne weiteres möglich, zu sagen, welche Eigenschaften eines Sediments noch der Diagenese, welche bereits der Metamorphose zuzuschreiben sind.

Die Metamorphose der Gesteine.

Im Gegensatz zu den durch exogene Einwirkungen hervorgebrachten Umbildungen der Gesteine bezeichnet die deutsche Geologie die Umwandlungen infolge endogener Kräfte als Metamorphose und die aus ihnen resultierenden Gesteine als metamorphe. Die wesentlichen Triebkräfte der Metamorphose sind einerseits die tektonischen Bewegungen der Erdkruste (dynamische Metamorphose), ferner die höheren Temperaturen und Drücke der tieferen Krustenteile (Tiefenmetamorphose) und endlich die Berührung durch magmatische Gesteine (Kontaktmetamorphose). Im allgemeinen hat man bisher die Erscheinungen der ersten beiden Gruppen als regional verbreitete Dynamo- bzw. Regionalmetamorphose scharf getrennt von der lokal begrenzten Kontaktmetamorphose. In neuerer Zeit ist man mehr und mehr zu der Erkenntnis gekommen, daß eine solche scharfe Trennung nur

dann möglich ist, wenn die Bewegungsvorgänge in den oberen Tiefenstufen der Kruste ohne Berührung mit magmatischen Schmelzen stattfinden — reine Dynamometamorphose, oder aber dann, wenn ein magmatisches Gestein auf ein ruhendes, unbewegtes Nebengestein unter statischen Bedingungen einwirkt — reine Kontaktmetamorphose. Je tiefer aber die dynamische Umwandlung vor sich geht, um so mehr steht sie unter der Einwirkung der Magmenzone, und häufig läßt sich eine Grenze von Dynamo- und Kontaktmetamorphose überhaupt nicht ziehen. Das ist nach unserer heutigen geologischen Auffassung ohne weiteres verständlich, denn die magmatischen Vorgänge unterliegen ebenso sehr den tektonischen Gesetzmäßigkeiten wie die Bewegungen starrer Gesteinsmassen. Bei allen regional wirkenden tektonischen Ereignissen, die allein regional umwandelnd wirken können, wird notwendigerweise auch das Magma in die Bewegung einbezogen und mit seinen Agentien die dynamische Umwandlung unterstützen und vollenden.

Die aus der Regionalmetamorphose hervorgehenden Gesteine werden auch als kristalline Schiefer bezeichnet. Über die mechanischen Probleme der kristallinen Schiefer ist an dieser Stelle von zuständiger Seite berichtet worden (vgl. *O. H. Erdmannsdörffer* 1920). Man hat lange Zeit in der Schieferung eine Abbildung von Druckspannungen gesehen und die kristallinen Schiefer entstanden gedacht durch eine Neubzw. Umkristallisation unter gerichtetem Druck. Aber diese Auffassung kann nicht die Stoffsonderung erklären, die in der überaus häufigen Lagentextur der kristallinen Schiefer zum Ausdruck kommt, z. B. in dem bänderartigen Wechsel von Glimmer- und Quarz-Feldspatlagen in gewissen Gneisen. Viel weiter kommen wir dagegen, wenn wir mit *B. Sander* und *W. Schmidt* in den Schieferungsflächen Gleitflächen sehen, längs denen die kleinsten Verschiebungen innerhalb ihrer Gesteinsmasse, ihre Differentialbewegungen erfolgt sind. Nach ihnen ist also die Schieferung nicht eine Abbildung von Druckspannungen, sondern von Bewegungsflächen. Bei der Faltung eines geschichteten Gesteinskörpers finden die Differentialbewegungen im allgemeinen längs der Schichtfläche statt: die Schichtfläche ist Bewegungsfläche. Bei der Umwandlung wird nun die Bewegungsfläche nach *W. Schmidt* kristallin abgebildet. Das verschiedene Verhalten der einzelnen entstehenden und wachsenden Kristalle gegenüber der Bewegung bedingt eine Stoffsonderung nach den Schieferungsflächen. Tafelige und blätterige Mineralien haben in der Schieferungsfläche selbst die besten Wachstums- und Gleitbedingungen. Infolge der neuen Stoffverteilung stellt die einzelne Schieferungsfläche auch umgewandelter Schichtgesteine etwas Neues dar, aber in ihrer Lage im Raum sind die Schieferungsflächen zumeist in den

primär existierenden Unstetigkeitsflächen, den Schichtflächen vorgezeichnet. Schwieriger zu deuten ist die Umgestaltung ursprünglich massiger Gesteine zu kristallinen Schiefern. Hier müssen Unstetigkeitsflächen erst neu geschaffen werden. Bei der Durchbewegung werden solche Massen die Gleit- und Bewegungsflächen der benachbarten schichtigen Gesteine bei konkordantem Verbands als gleichsinnige, bei diskordantem als Transversalschieferung übernehmen, und die Um- und Neubildung der Mineralien wird sich dem Bewegungsflächensystem anpassen.

Vor allem aber sind keineswegs alle Gesteine mit der Textur der kristallinen Schiefer wirklich metamorphe, umgewandelte Gesteine, sondern viele sogenannte Gneise sind primär schiefrige Intrusivgesteine, insbesondere Granite. Ihre Intrusion ist an die Faltungstektonik des betreffenden Krustenabschnittes geknüpft, und sie haben ihre schiefrige Textur sogleich bei der Erstarrung erhalten. In der Schlußphase der Erstarrung können einem Granite unter Faltungstektonik Gleitflächen aufgezwungen werden, längs denen die Differentialbewegungen und die stoffliche Trennung der Mineralien erfolgen können bis zur Bildung der Schiefer- und Lagentextur. In vielen Gebieten der klassischen Folge Gneis, Glimmerschiefer, Phyllit haben wir den Gneis als einen primär schiefrigen Granit, die Glimmerschiefer als Ergebnis einer kombinierten Kontakt- und Bewegungsmetamorphose und die Phyllite der Außenzone als mehr oder minder rein dynamometamorphe Gebilde anzusehen. *Kontaktmetamorphose muß einem unter intensiver Faltungstektonik stehenden Gestein eine durchaus andere Textur geben als einem ruhenden Nebengestein.* Mineralbestand und Struktur ist ja bei Hornfelsen und Glimmerschiefern ohnehin nahezu identisch.

Diese Anschauungen greifen auf Anregungen von E. Weischenberg zurück, der den „richtungslosen“ Intrusivmassen die unter Piezokristallisation primär gebildeten „Gneise“ und der normalen statischen Kontaktmetamorphose die Piezokontaktmetamorphose unter tektonischem Druck gegenübergestellt hat. Aber auch O. H. Erdmannsdörffer ist auf Grund seiner eingehenden Untersuchungen über Intrusivkontakte zu dem Ergebnis gekommen, daß durch kombinierte Kontakt- und Druckmetamorphose Gesteine vom Habitus kristalliner Schiefer entstehen können. Überhaupt haben gerade die Untersuchungen Erdmannsdörffers über Gesteinsmetamorphose die Grundlage geschaffen zu einem Ausgleich der verschiedenen widerstreitenden Meinungen. Die klassischen Untersuchungen H. Rosenbuschs über Kontaktmetamorphose z. B. haben nur deshalb zu anderen Ergebnissen geführt als die der französischen Petrographenschule — Barrois, Lauroia und Michel-Levy —, weil die geologischen Bedingungen in den verschieden untersuchten Gebieten verschiedene gewesen sind. Den wesentlichen Einfluß des Bewegungszustandes auf die Ausbildung von Kontaktgesteinen haben auch die Untersuchungen L. Milchs an Diabaskontakten gezeigt.

Jedenfalls ergibt sich, daß auch Art und Grad

der Metamorphose durch den Bewegungszustand der Erdkruste wesentlich mit bestimmt werden.

Von besonderer Bedeutung für den Verlauf der Gesteinsmetamorphose ist auch die Tiefenstufe, in der die Umwandlung vor sich geht. Diesem Umstande hat die von F. Becke eingeführte und von U. Grubenmann ausgebaute Gliederung der Erdkruste in Tiefenstufen Rechnung getragen. Dynamische und magmatische Vorgänge werden je nach der Tiefenstufe zu ändern Produkten führen, jede Tiefenstufe weist die ihr eigentümlichen Mineralneubildungen auf. In der obersten Tiefenstufe werden unter vorwiegend dynamischen Einflüssen Gesteine phyllitischen Charakters geschaffen. Neben den aus Ton-schiefern gebildeten echten Phylliten finden wir hier zahlreiche Ergußgesteine, Porphyre, Keratophyre und Diabase fast bis zur Unkenntlichkeit umgewandelt vor. Eine mittlere Stufe ist besonders durch Glimmerschiefer gekennzeichnet, und die meist mit ihnen in konkordantem Verbands auftretenden „Gneise“, die sich als schiefrige Granite erweisen, deuten auf eine Unterstützung der dynamischen Umwandlung durch Agentien der Kontaktmetamorphose hin. Endlich in der untersten Tiefenstufe erlangen die magmatischen Kräfte ganz die Oberhand und erzielen eine vollständige Vergneisung. Injektion und Resorption sind weit verbreitet, Eruptiv-, Misch- und Sedimentgneise setzen in innigstem Verbands derartige Gebiete zusammen. Den „Phylliten“ als einer Konvergenzerscheinung der dynamischen Umbildung stehen die „Gneise“ als eine Konvergenzerscheinung der magmatischen Umbildung gegenüber, während die „Glimmerschiefer“ als Prototyp eines Produktes kombinierter Dynamo- und Kontaktmetamorphose gelten können. Es erübrigt sich zu betonen, daß ein Gestein auch mehrere Metamorphosen nacheinander durchmachen kann, so kann ein unter statischen Bedingungen gebildetes Kontaktgestein im Laufe seiner Geschichte einer dynamischen Umwandlung unterliegen, wie umgekehrt ein dynamometamorphes Gestein einer statischen Kontaktmetamorphose anheimfallen kann. Berücksichtigt man außerdem noch die Einflüsse der Tiefenstufen, so kommt man zu dem Vorhandensein polymetamorpher Gesteine, die eine ganze Reihe verschieden gerichteter Umwandlungen durchgemacht haben, und es ist auch eine rückschreitende Metamorphose möglich.

Die extremste magmatische Umformung ist die Einschmelzung. Es ist eine viel diskutierte Frage, wie weit durch Einschmelzung im großen, durch eine regionale Ein- bzw. Aufschmelzung gewissermaßen regenerierte Granite geschaffen werden können. In neuerer Zeit ist dieser Gedanke namentlich von Sederholm vertreten und von Gürich, Koenigsberger u. a. ausgebaut worden. Mit der Einschmelzung werden aber die Gesteinsmassen wieder dem Magma zugeführt, und der Kreislauf ist geschlossen.

Besprechungen.

Newcombs Astronomie für Jedermann. 4. vollkommen neu bearbeitete Auflage von *R. Schorr* und *K. Graff* der Hamburger Sternwarte. Jena, Gustav Fischer, 1922. VIII, 409 S., 89 Abbild., 1 Titelbild, 3 Tafeln und 3 Sternkarten. 14 × 22 cm.

Die „Populäre Astronomie“ von *Newcomb-Engelmann*, die „Astrophysik“ von *Scheiner* und *Newcombs „Astronomie für Jedermann“* bilden seit langem das Dreigestirn der Standardwerke der deutschen populären astronomischen Literatur. Sie sind alle in der letzten Zeit in moderner, neu bearbeiteter Auflage erschienen. Die beiden ersteren haben schon in diesen Blättern ihre Würdigung erfahren¹⁾. Es obliegt nun im folgenden eine Besprechung des dritten der genannten Werke.

Die vierte Auflage von *Newcombs „Astronomie für Jedermann“* erscheint wie die erste vom Jahre 1907 aus der Feder zweier erprobter Forscher, der Professoren *Schorr* und *Graff* der Hamburger Sternwarte. Das Buch, im Gegensatz zu dem umfassenden Monumentalwerk der „Populären Astronomie“, vielfach unter dem Namen „Der kleine Newcomb“ bekannt, soll auch, wie im Vorworte betont wird, eine erste Einführung in die Astronomie darstellen und im Speziellen eine Vorstufe für das große Werk bilden.

In leichtfaßlicher Weise und formschöner Darstellung behandelt das erste Kapitel den Himmel und seine scheinbare Bewegung, das zweite die astronomischen Instrumente, hier auch die Grundlagen der Spektroskopie erläuternd. Wie auch schon in der Ausgabe von 1907 ist das Hauptgewicht auf die folgenden Ausführungen über die Sonne, Planeten und Kometen verlegt, welche in ihrer vorliegenden neuen Gestalt wohl eine mustergültige Darstellung in breiter erzählender Form darbieten. Zwei Bemerkungen seien hier eingestreut: Bei der Erwähnung der Titius-Bodeschen Reihe wäre vielleicht ein kurzer Hinweis auf die bessere Übereinstimmung des Gesetzes von *Armellini* mit der Beobachtung am Platze gewesen; bei der Besprechung des Mondes hätten wir gerne auch eine Andeutung der Anschauungen von *Wegener* gesehen. — Die Illustrationen sind vorzüglich und mit Bedacht ausgewählt, so z. B. die schönen Marszeichnungen von *Antoniadi*, Saturnphotographie von *Barnard*, moderne Kometenbilder.

Das Kapitel über die Fixsternwelt, das 1907 nur 1/7 des Gesamtwerkes ausmachte, ist nunmehr auf Grund der modernen Erkenntnisse gänzlich neu bearbeitet und erweitert und umfaßt jetzt den vierten Teil des Buches. Referent hätte es gerne gesehen, wenn das Verhältnis noch günstiger für die Fixsternastronomie geworden wäre. Wohl sind *Hertzsprungs* und *Russels* Verdienste um die Riesen- und Zwergtheorie, die *Kohlschütter-Adams* Methode, die astronomischen Folgerungen aus der Relativitätstheorie, die Untersuchungen von *Shapley*, *Arrhenius*, *Wilsing* und *Michelson* besprochen, vielfach jedoch nur flüchtig gestreift worden; die Erwähnung der wichtigen Untersuchungen *Sahas* fehlt ganz, ja mit Bedauern müssen wir feststellen, daß selbst der Name *Eddington* im ganzen Werke nicht vorkommt. Da hätten wir lieber auf die Nennung etwa von *Bouvard*, *Hencke* oder *Lemonnier* verzichtet! Ohne den Umfang des Buches

erweitern zu müssen, ließe sich durch Kürzungen, beispielsweise der breiten Planetendarstellung, der Fixsternastronomie in einer Neuauflage der gebührende größere Raum zuweisen. Auch hier noch zwei kleine Bemerkungen: Die Bezeichnung „frühe, normale und spätere Sonnensterne“ auf S. 349 ist wohl nicht mehr so ganz passend. Begrüßenswert ist die Wahl der Normalparallaxe von 1'',0, des Parsek oder der Sternweite, ebenso wie in Prof. *Ludendorffs* Buch. (Wir möchten nämlich die Behauptung in der Neuauflage der *Scheinerschen „Astrophysik“* bezweifeln, daß sich nunmehr die Normalparallaxe von 0'',1 eingebürgert hätte!)

Die Ausstattung des Buches ist ganz vorzüglich, sowohl Papier, Druck wie Wiedergabe der Illustrationen übertreffen da die erste Vorkriegsausgabe an Güte.

Bei einem wertvollen, viel gelesenen Werke muß bei gesteigertem Anspruche die Kritik einen strengeren Maßstab anlegen. Die hier vorgebrachten Einwände vermögen auch nicht den günstigen Allgemeineindruck des Werkes zu schmälern, das als erster Wegweiser in die Sternwelt Hunderten schon treffliche Dienste geleistet hat und diesen Zweck in der vorliegenden Neubearbeitung sicherlich in noch verstärktem Maße erfüllen wird. *W. E. Bernheimer, Wien.*

Walbel, Leo, Winterregen in Deutsch-Südwest-Afrika

Eine Schilderung der klimatischen Beziehungen zwischen Atlantischem Ozean und Binnenland. Hamburgische Universität. Abhandlungen aus dem Gebiet der Auslandkunde (Fortsetzung der Abhandlungen des Hamburgischen Kolonialinstituts) Bd. 9, Reihe C. Naturwissenschaften. Bd. 4. Hamburg, L. Friederichsen & Co., 1922. VI, 112 S., 1 Tafel und 6 Karten. 8°.

An die Tropen mit Regen bei höchstem Sonnenstande, wodurch in der Nähe des Äquators fast überall zwei Regenzeiten entstehen, die dann in höheren Breiten in eine einzige zusammenschmelzen, schließen sich nord- und südwärts die Gebiete der sogenannten Subtropen an. Sie bringen für die Westseiten der Kontinente Winterregen. Das für uns bekannteste Winterregengebiet ist das der europäischen Mittelmeerländer. Doch auch über den anderen Erdteilen finden wir das gleiche Prinzip der jährlichen Regenverteilung, so empfangen das Kapland, Südwestaustralien, Chile und Kalifornien Winterregen.

Über die jährliche Verteilung der Niederschläge im Kapland sind wir durch die Arbeiten der englischen Meteorologen gut unterrichtet. Mit der genaueren Bestimmung der Nordgrenze dieses Winterregengebiets, das mit seinen nördlichsten Ausläufern in das deutsche Schutzgebiet Südwestafrika hineinragt, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit von *L. Walbel*. Im allgemeinen gehört Deutsch-Südwestafrika in das Gebiet der sommerlichen Niederschläge, nur im südlichen Namaland treten daneben Winterregen in solcher Stärke auf, daß sie für die Vegetation und für die Wirtschaft eine gewisse Bedeutung erlangen.

Die Arbeit zeichnet sich durch eine sehr übersichtliche, natürliche Gliederung und durch recht anschauliche Darstellung aus. Neben der geographischen Lage werden einleitend die Bedeutung der kalten Meeresströmung, die als Benguelaströmung aus polaren Breiten stammendes Meerwasser an der afrikanischen Westküste entlangführt, und die Oberflächengestaltung des Landes als die Voraussetzungen für die klimatischen Verhältnisse behandelt. Daran schließt sich eine Darstellung der allgemeinen Witterungsfaktoren,

¹⁾ Besprechung von *Ludendorffs „Populäre Astronomie“*, 6. Auflage, in N. W. 1922, Heft 14.

Besprechung von *Scheiner-Graffs „Astrophysik“*, 3. Auflage, in N. W. 1922, Heft 38.

gegliedert in: Luftdruck, Wind, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Seenebel, Wolken und Niederschläge, wobei vor allem die Beziehungen zwischen Meer und Land herausgearbeitet werden. Bei aller Anerkennung der Mühe und Sorgfalt, mit der der Verf. in das ihm vorliegende Material einzudringen versucht und eigene Beobachtungen dabei verwertet, muß aber doch festgestellt werden, daß es hierbei für den Meteorologen sehr störend wirkt, die neueren Anschauungen über die Luftdruck- und Windverhältnisse jener Gegenden im allgemeinen und die der Zyklogen und Antizyklogen im besonderen nicht mit berücksichtigt zu sehen. Hätte der Verf. z. B. die Arbeiten von W. J. S. Lockyer über die Luftzirkulation auf der Südhemisphäre und die von F. Rawson über den südlichen Zyklonengürtel mit verwertet, dann würde die Darstellung des Luftdruckes, der Winde und wohl auch der Temperatur eine wesentlich andere, dem heutigen Stande der Meteorologie mehr entsprechende Form bekommen haben. So wird der Klimatologe sich hauptsächlich an die Verarbeitung des Beobachtungsmaterials halten, die dadurch an Wert gewinnt, daß der Verf. reichlich aus eigener Anschauung schöpfen konnte. Selbstverständlich entstammen nicht alle Beobachtungen gleichen Perioden, und auch die Homogenität wird nicht immer gewahrt sein, so daß die Schlüsse häufig nur mit Vorsicht gezogen werden konnten.

Beachtung verdient die Schilderung der Seenebel, die durch die geringere Wassertemperatur an der Küste hervorgerufen, sich nicht nur auf den Küstenstrich beschränken, sondern oft auch landeinwärts reichen und vielleicht noch in den manchmal häufigen Nebeln des Hochlandsrandes wiederzufinden sind. Unter der Beschreibung der Hauptwolkenarten sind die als Nebelwolken mit geschlossener Frontlinie bezeichneten bemerkenswert. Neben den als Regen fallenden Niederschlägen werden mit Recht Tau und Nebelregen besonders betrachtet. Sie sind das ganze Jahr hindurch an der Küste häufig; Nebelregen bilden hier die Hauptmasse der Niederschläge. Im Binnenlande sind die Nebelregen während des Sommers selten und treten auch wegen der stärkeren Gewittertätigkeit aus Nordosten nicht mehr ganz rein auf, dagegen lassen sich im Winter, wo die Gewittertätigkeit nicht mehr stört, die Niederschläge wieder schärfer charakterisieren. Nach den neuesten Messungen ergibt sich nun, daß neben den schon lange bekannten Nebelniederschlägen im Winter auch stärkere meßbare Regen auftreten. Anzutreffen sind sie von 26° südl. Breite ab polwärts an der Küste, in der Namib und vor allem am Hochlandsrand. In der südlichen Namib und am Hochlandsrand bis in die Gegend von Aus sind die Winterregen sogar stärker als die Sommerregen. Aus dem Juni 1914 werden Mengen, die 50 und 60 mm übersteigen, angegeben. Es sind typische Depressionsregen, die als Folge der äquatorwärts gerichteten Verschiebung des Zyklonengürtels den Südrand von Deutsch-Südwestafrika streifen. Die als Ausnahme auftretenden Gewittererscheinungen entsprechen ganz den auch auf der nördlichen Erdhalbkugel vorkommenden Wintergewittern. Daß Reif und Schnee nicht unbekannte Erscheinungen besonders auf den hochgelegenen Teilen sind, kann nicht überraschen. Wenn gleichzeitig mit dem Winterregen im Süden Reif im Norden und in der Mitte des Gebietes notiert wird, so wird dies verständlich, sobald man zu der Vorstellung kommt, daß man es hier mit einem Vorstoß der „Polarfront“ zu tun hat. Schnee

kommt häufiger vor als bisher bekannt geworden war. Eine Schneedecke von mehreren Tagen, wie Ende Juli bis Anfang August 1915 in Aus dürfte aber zu den großen Seltenheiten gehören.

Der Hauptteil der Arbeit beschäftigt sich mit den Winterregen im besonderen, unter denen nur solche Regen verstanden werden, deren Wassergehalt durch westliche Winde vom Atlantischen Ozean herangeführt wird. Verspätete Sommerregen, die mit den Gewittern noch in den Übergangsmonaten aus Nordosten kommen, werden also ausgeschlossen. Sehr eingehend besprochen wird das zeitliche und räumliche Auftreten der Winterregen, sowie ihre Bedeutung für den Haushalt der Natur und die Wirtschaft des Menschen. In diesem Bericht können nur einige Ergebnisse kurz angedeutet werden.

Küste und Binnenland empfangen nicht Jahr für Jahr im gleichen Verhältnis Winterregen. Am häufigsten treten diese im Juni auf. Ob sie, wie es nach der kurzen Beobachtungsreihe den Anschein hat, wirklich gewisse Monatstage bevorzugen, bedarf erst noch des Beweises. Die längeren Reihen aus dem Westen der Kapkolonie dürften hierüber schon Aufklärung geben. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr sind beträchtlich und hängen natürlich mit der Lage des Gebietes an der Grenze zwischen Subtropenmaximum und Zyklonengürtel zusammen. Eine bestimmte Beziehung zwischen Sommerregen und Winterregen konnte ihrer ganz verschiedenen Entstehungsursachen wegen nicht nachgewiesen werden. Die Unterlage für die Feststellung des Verbreitungsgebietes der Winterregen bildet eine Karte, zu der die Reihen von 88 Regenmeßstationen nach vorsichtiger Reduktion auf die 11jährige Periode 1904—1914 benutzt wurden. Als Vergleichsreihen dienten die drei vollständigen Reihen von Lüderitzbucht, Aus und Warmbad. Nach dieser Karte gehört der größte Teil unserer ehemaligen Kolonie zu dem Gebiet, das keine oder doch nur unmeßbare winterliche Niederschläge empfängt. Die verhältnismäßig noch sehr geringe Menge von 5 bis 15 mm fällt im Bezirk Warmbad im Südosten, in der nördlichen Namib und über dem nördlichen Hochlandsrand. Über 15 mm Winterregen empfangen nur die südliche Namib und der südliche Hochlandsrand. Tsiurub ist mit 80 mm die Station mit dem meisten Winterregen. Nach Süden über englischem Gebiet nimmt dieser dann schnell an Menge zu.

Für den Wasserhaushalt der Natur können solche geringen Mengen nicht von allzu großer Bedeutung sein, nur in der südlichen Namib ist ihre Wirkung schon zu verspüren. Bei stärkeren Güssen können die Rievire zum Laufen kommen. Für die Pflanzenwelt, die auch von den geringeren, sogar von den unmeßbaren Niederschlägen Nutzen zieht, ist die winterliche Regenmenge dagegen ausschlaggebend. Erst sie bedingt die immergrüne Vegetation der Küste, die wintergrüne Flora in der südlichen Namib, die von den sommerlichen Regen der nördlichen Gebiete nicht mehr erreicht wird, die wintergrünen Grasflächen am Hochlandsrand und auf den Hochlandsbergen selbst, schließlich im zentralen südlichen Namaland eine wenigstens gelegentlich zum Blühen kommende Halbschrauch- und Grasvegetation. Die wirtschaftliche Bedeutung der Winterregen für die Besiedlung ist nur in den Tsiurubbergen, wo sie Farmwirtschaft ermöglichen, und im äußersten Süden mit dem winterlichen Weidebetrieb nachweisbar. Den Schluß der Arbeit bildet ein Vergleich mit der Westküste Südamerikas, wo die Verhältnisse ein getreues Spiegelbild zu Südafrika bieten.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Hamburgische Universität in der Reihe ihrer Abhandlungen aus dem Gebiet der Auslandkunde für die vorliegende Arbeit eine sehr gute Ausstattung und reichlich Raum zur Verfügung stellte, so daß L. Waibel seine Gedanken in solcher Ausführlichkeit, unterstützt durch zahlreiche Tabellen und gut ausgeführte Karten, entwickeln konnte; bei den Schwierigkeiten, die sich heute der Drucklegung jeder wissenschaftlichen Arbeit entgegenstellen, eine sehr hoch einzuschätzende Tatsache.

K. Knoch, Berlin.

Baur, Franz, Die Veränderlichkeit der Temperatur aufeinanderfolgender Monate und die periodischen Schwankungen der Jahrestemperatur in Deutschland. Mitteilungen der Wetter- und Sonnenwarte St. Blasien-Höchenschwand, Heft 2. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn A.-G., 1922. 32 S. 4°.

Die vorliegende Untersuchung gehört zu jenen mit dem Anwachsen der meteorologischen Beobachtungsreihen immer häufiger gewordenen Untersuchungen, die sich die Erforschung der im Witterungsverlauf etwa vorhandenen mehrjährigen Perioden zum Ziel gesetzt haben. Der Verfasser geht dabei von der Veränderlichkeit der Temperatur aufeinanderfolgender Monate aus, die im Gegensatz zur Veränderlichkeit gleicher Monate bisher nur selten untersucht wurde.

Benutzt sind die Beobachtungen des fünfzigjährigen Zeitraums 1870—1919 von folgenden ziemlich gleichmäßig über Deutschland verteilten Stationen: Königsberg i. Pr., Berlin, Hamburg, Breslau, Leipzig, Münster i. W., Bamberg, Frankfurt a. M., München und Karlsruhe i. B. Als Mittelwerte, auf die die Abweichungen der einzelnen Monate bezogen wurden, wurden die meist schon von anderer Seite berechneten Mittel 1851—1910 gewählt. Sie dienten zunächst dazu, die mittlere Temperatur für Deutschland in den einzelnen Monaten zu berechnen. Die zwischen 18,0° im Juli und —0,7° C im Januar schwankenden Werte stellen naturgemäß etwas sehr Problematisches dar. Die Differenz der Abweichungen zweier aufeinanderfolgender Monate vom Normalwert wird als „zwischenmonatliche Veränderung“ und das Mittel aus einer Reihe solcher Differenzen als „zwischenmonatliche Veränderlichkeit“ der Temperatur bezeichnet. Sie hat als Mittel der Reihe 1870—1919 folgende Werte:

Januar	2,42	Juli	1,28
Februar	1,68	August	1,11
März	1,69	September	1,39
April	1,65	Oktober	1,69
Mai	1,46	November	2,13
Juni	1,51	Dezember	2,40

Jahr 1,70.

Der Jahresgang entspricht vollkommen dem der mittleren Veränderlichkeit, seine Zerlegung ergibt eine jährliche und halbjährliche Periode. Daß aber die mittlere Veränderlichkeit nicht allein ausschlaggebend ist, ergab das Studium der Erhaltungstendenz des Vorzeichens der Temperaturabweichung, worin ausgedrückt wird, ob im Durchschnitt auf zu warme Monate wieder zu warme oder umgekehrt auf zu kalte wieder zu kalte folgen. Diese Erhaltungstendenz wechselt von Monat zu Monat in ganz charakteristischer Weise. Die größte Erhaltungseigung besteht vom Februar zum März und die geringste vom Mai zum Juni, den zweitgrößten Betrag erreicht sie zwischen Juli und August. Mit Hilfe der Korrelationsmethode ergibt sich aber, daß nur die größere Erhaltungstendenz vom Februar zum März nicht durch Zufall bedingt ist. Sie ist auch bei posi-

tivem Vorzeichen größer als bei negativem und gilt besonders, wenn man die März-Temperatur zum Winter in Beziehung setzt. In den Jahren 1870—1919 folgte in Deutschland auf einen zu warmen Winter in 78 % der Fälle auch ein zu warmer März. Für die übermäßig warmen und übermäßig kalten Monate und Jahreszeiten mit einer Temperaturabweichung, die den doppelten Betrag der mittleren Veränderlichkeit erreichte, wurde keine ausgesprochene Erhaltungstendenz nachgewiesen.

Dies sind in groben Umrissen die Tatsachen, die F. Baur über das Verhalten der Veränderlichkeit der Temperatur aufeinanderfolgender Monate feststellen konnte. Im zweiten Teile der Arbeit wird mit Hilfe der Fourierschen Analyse untersucht, ob die zwischenmonatliche Veränderlichkeit nicht auch längeren Perioden unterliegt. Zur Entscheidung der Richtigkeit der Perioden wird dabei die als Schustersches Kriterium bekannte Verknüpfung der Wahrscheinlichkeitsrechnung mit der Fourierschen Analyse und ein von Ansel vorgeschlagenes Kriterium, das die Phase der Periode berücksichtigt, benutzt. Es ergab sich, daß die Perioden von 2, 2,5, 3,4, 4,5 und 5,5 Jahren Dauer real sind. Unter der oben gegebenen Definition der zwischenmonatlichen Veränderlichkeit folgt aber, daß sie nur dann periodisch sein kann, wenn auch die Temperatur periodischen Schwankungen unterliegt. Dabei muß die Schwingungsdauer der Temperaturperioden doppelt so groß sein als die Perioden der zwischenmonatlichen Veränderlichkeit. Wir haben also mit Temperaturperioden von ungefähr 4, 5, 7, 9 und 11 Jahren zu rechnen. In den Temperaturabweichungen der einzelnen Monate konnten auch schließlich Perioden von ungefähr 2½, 4, 7 und 11 Jahren nachgewiesen werden, die 5- und 9jährigen mögen durch Überlagerung entstehen. Auf noch längere Perioden wird aus den 36 Jahrestemperaturabweichungen geschlossen und eine 18jährige und eine 36jährige Periode vermutet, ein Schluß, der aber bei der Kürze der Beobachtungsreihe wohl zu sehr durch bereits bekannte Perioden beeinflusst ist.

Sehr interessant ist schließlich auch der vom Verfasser unternommene Versuch, mit Hilfe der für kleinere Zeitabschnitte ermittelten Amplituden und Phasen der Temperaturperioden durch Extrapolation über den jeweils vorliegenden Zeitraum hinaus den Temperaturcharakter des nachfolgenden ersten, zweiten und dritten Jahres vorherzusagen, wobei die Haupttypen: sehr warm, warm, normal, kühl, kalt unterschieden wurden. Als Ergebnis stellt der Verfasser fest, daß unter den 57 gegebenen Vorhersagen nur 6, d. h. 16 % in vollständigem Gegensatz zu dem wirklich eingetretenen Temperaturmittel standen. Doch erscheint es mir nicht zulässig, bei der Beurteilung des Wertes dieser Prognosen jene Fälle unberücksichtigt zu lassen, in denen die Prognose nicht vollkommen eingetroffen ist. Vollständige Treffer erzielten nur 28 von 57 Prognosen. Der unbefangene Leser wird deshalb doch nicht ganz der Ansicht zustimmen können, daß die Voraussage des thermischen Charakters künftiger Jahre im Prinzip der Lösung nähergebracht sei, indem es gelang, mit einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von Hilfsperioden die Temperaturschwankungen soweit darzustellen, um die Oszillationen für eine beschränkte Zahl von Jahren aus zurückliegenden Beobachtungen im Voraus rechnerisch zu bestimmen. Wenn aber auch das Ergebnis noch nicht vollständig befriedigt, so ist es doch dankenswert, daß diese Untersuchung durchgeführt wurde. Jeder Weg, der zum Ziele einer brauchbaren

Prognose auf längere Zeit führen kann, muß sorgfältig geprüft werden, und so bedeutet auch die Arbeit von *F. Baur* einen schätzbaren Beitrag zur Untersuchung dieses so wichtigen Problems.

K. Knoch, Berlin.

Heide, C. von der, und F. Schmitthenner, Der Wein (Weinbau und Weinbereitung, Chemie und Untersuchung des Weines.) Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1922. VI, 350 S. und 38 Abbildungen.

Das vorliegende Buch ist ein erweiterter Sonderabdruck des Abschnittes „Wein“ aus Muspratts Handbuch der technischen Chemie. Es gliedert sich in zwei Abschnitte: Den „Weinbau“ behandelt *Schmitthenner*, während *v. d. Heide* die „Weinbereitung“ bearbeitet. Durch die Zusammenarbeit der beiden Verfasser, die auf langjährige Erfahrung an der Geisenheimer Lehranstalt zurückblicken können, ist hier ein grundlegendes Werk entstanden, das von größtem Wert ist für jeden, der auf dem Gebiet des Weinbaus und der Weinbereitung zu tun hat, oder der sich über die damit zusammenhängenden biologischen und chemischen Fragen unterrichten will.

Im Abschnitt „Weinbau“ finden wir zuerst eine Übersicht über die verschiedenen Rebsorten. Die weit- aus wichtigste Art der Gattung *Vitis* — die einzige europäische — ist *Vitis vinifera* mit sehr vielen Variationen, die in jahrhundertelanger Kultur erprobt sind und von verschiedenem Wert für die einzelnen Lagen und Verwendungsarten sind. Erst in neuerer Zeit sind amerikanische Arten der Gattung wichtig geworden, etwa 6–8 Spezies, die zwar keinen brauchbaren Wein, z. T. sogar keine genießbaren Trauben liefern, aber wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge als Unterlage zur Pfropfung und als Ausgangsmaterial zur Züchtung von Wert sind.

Die Schädlingsbekämpfung ist beim Weinstock vielleicht von größerer Bedeutung als bei jeder anderen Kulturpflanze, ja es ist zweifellos, daß ohne die Erforschung der Lebenstätigkeit der Rebschädlinge und ohne ihre zielbewußte Bekämpfung der deutsche Weinbau bereits verschwunden wäre. Das vorliegende Buch gibt eine gute Übersicht über die wichtigsten Schädlinge des Weinbaus. In Deutschland überragen vier von ihnen alle anderen bei weitem an Wichtigkeit: zwei Pflanzen, *Plasmopara* (*Peronospora*) *viticola*, der Erreger der Blattfallkrankheit und Lederbeerenkrankheit, und *Uncinula necator* (= *Oidium Tuckeri*), der Pilz des Meltaus oder Ascherigs; und zwei Tiere, der Heu- und Sauerwurm, *Conchylis ambiguella* (und *Eudemis botrana*) und die allbekannte Reblaus, *Phylloxera vastatrix*. Der Kampf gegen diese Schädlinge stellt der angewandten Biologie eine große Reihe von Aufgaben. Außer der seit Jahren geübten, aber immer noch längst nicht vollkommenen Methode der Bekämpfung mit chemischen Mitteln gewinnt in letzter Zeit ein neuer Weg Bedeutung. Man versucht, durch Kreuzung die guten Eigenschaften unserer einheimischen Reben mit der Krankheitsimmunität der amerikanischen Arten zu kombinieren. Das Ideal wäre eine gegen Reblaus, *Peronospora* und *Oidium* resistente Rebe mit den edlen Eigenschaften unseres europäischen Weinstockes. Es ist aus verschiedenen Gründen unwahrscheinlich, daß sich eine solche Idealrebe erzielen lassen wird. Doch kann man die Reblausfestigkeit bei der Züchtungsarbeit aus dem Spiel lassen, da es gelingt, die erzielten Bastarde auf reblausfeste Wurzeln von amerikanischen Arten — oder noch besser auf die von Bastarden von Amerikanern untereinander oder mit

Europäern — zu pfropfen. Solche Bastardierungen sind schon in sehr großer Zahl ausgeführt und auch über die für sie geeignetsten Unterlagen liegen schon viele Untersuchungen vor. In Deutschland arbeiten die staatlichen Institute an diesen Fragen, da das Reblausgesetz dem einzelnen nicht gestattet, amerikanische Reben anzubauen. In Frankreich dagegen sind auch viele Privatunternehmen mit den Fragen der Rebzüchtung beschäftigt. Das vorliegende Buch gibt eine gute Einführung in diese Fragen.

Der von *v. d. Heide* bearbeitete Teil des Buches behandelt eingehend die Theorie und Praxis der Weinbereitung. Ausgehend von der Chemie der Traube und des Mostes finden die biochemischen Vorgänge der Gärung eine gründliche Darstellung. Die physiologische Tätigkeit von Organismen ist ja bei der Weinbereitung von der größten Bedeutung. Es handelt sich da nicht nur um die allbekannte Alkoholgärung, sondern um sehr verwickelte physiologische Leistungen der Organismen, die z. T. noch wenig durchschaut sind. So liefern die Hefen nicht nur den Alkohol, sondern ja nach ihren Rassen in verschiedenem Maß: Glycerin, Bernsteinsäure und einen Teil der „Buketstoffe“. Ihre Arbeit ist also für die Eigenschaften des Weines von sehr großer Bedeutung. Auch Bakterien sind im werdenden Wein an der Arbeit. Lange bekannt sind die unerwünschten Stoffwechselprodukte der Essig- und Milchsäurebakterien, deren Tätigkeit eine richtige Kellerbehandlung möglichst einzuschränken trachtet. Neuere Forschungen erst haben gelehrt, daß auch eine günstige Beeinflussung des Weines durch Bakterientätigkeit stattfindet. So wird der „biologische Säureabbau“ von Bakterien bewirkt, die die Apfelsäure in die weniger sauer schmeckende Milchsäure umsetzen, ein Vorgang, der bei der meist zu hohen Säure der deutschen Weine nach Möglichkeit unterstützt werden muß.

Den Schluß des Werkes bildet eine sehr eingehende Anweisung zur chemischen Analyse von Most und Wein nach den neuesten Verfahren. An diesem Gebiet hat der Verfasser durch zahlreiche eigene Arbeiten einen großen Anteil.

Einen ganz besonderen Wert erhält das Buch durch seine sehr eingehenden Literaturnachweise. Gerade für das hier in Frage kommende Gebiet sind sie von großer Bedeutung, weil die Literatur in vielen Zeitschriften, darunter auch manchen nicht wissenschaftlichen, verstreut ist.

Das Werk wird ohne Zweifel ein wichtiges Handwerkszeug vieler Biologen und Chemiker werden.

Walter Kotte, Freiburg i. Br.

Festschrift zum 50jährigen Jubiläum der Höheren Staatlichen Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh. Mainz, Verlag der „Deutschen Wein-Zeitung“ und der Monatshefte „Wein und Rebe“, 1922. 734 S.

Der stattliche, schön ausgestattete Band bringt eine Geschichte der bekannten Anstalt und eine große Reihe von Arbeiten aus ihrem Forschungs- und Lehrgebiet. Die Besprechung kann nur einige von ihnen herausgreifen. Der Weinbau nimmt den größten Raum ein; Wissenschaftler und Praktiker berichten über ihre Arbeiten, so daß das Buch eine gute Übersicht gibt über die augenblicklich wichtigsten Fragen des Weinbaus und der Weinbereitung. *Biermann* berichtet über Erfahrungen in neuzeitlicher Reberziehungsart und Laubbehandlung sowie über die Versuche mit Anbau veredelter Reben, d. h. von Reben mit europäischem Stamm

auf reblausfester amerikanischer Unterlage. Ein längerer Artikel *Kroemers* stellt die Reblausfrage im Rheingau dar. Über neuere Erfahrungen in der Bekämpfung der anderen wichtigsten Rebschädlinge (*Peronospora*, *Oidium*, Heu- und Sauerwurm) handelt eine Arbeit *Lüstners*. Mit einem Sammelreferat und mehreren Spezialarbeiten behandelt *v. d. Heide* die Biochemie der Weinbereitung. *Schmittthener* berichtet über die Verwendung von Bakterienfiltern zur Weinenteinung, *Elßmann* über Beobachtungen zur Entwicklungsphysiologie der Hefe. Von der Tätigkeit auf dem Gebiete des Obst- und Gartenbaus handeln Artikel *Junges* und *Glindemanns*. Ein ausführliches Verzeichnis der Veröffentlichungen der Angehörigen der Anstalt und ein Sachregister der von ihr herausgegebenen Jahresberichte bilden den Schluß.

Walter Kotte, Freiburg i. Br.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über das Element der Atomzahl 72.

Die Bohrsche Theorie des Atombaues ist nicht nur imstande, Rechenschaft von der Periodizität in den Eigenschaften der Elemente zu geben, wie sie im periodischen System zum Ausdruck kommt, sondern erklärt auch die an einzelnen Stellen des Systems auftretenden Abweichungen von dieser¹⁾. Die Theorie bringt bekanntlich das Auftreten von Unregelmäßigkeiten im periodischen System mit der Ausbildung von inneren Elektronengruppen in Verbindung. So wird das Auftreten der seltenen Erden mit der Ausbildung der 4quantigen Elektronenkonstellation von einer vorläufig abgeschlossenen Gruppe von 18 Elektronen — verteilt in drei Untergruppen — zu einer endgültig abgeschlossenen Gruppe von 32 Elektronen — verteilt in vier Untergruppen — in Verbindung gebracht, während welcher die Zahl der 5- und 6quantigen Elektronen sich nicht ändert. Aus seiner Theorie konnte Bohr schließen, daß beim Element Lu (71) die 4quantige Elektronengruppe bereits vollständig ausgebildet ist, und daß wir also erwarten müssen, daß beim nächsten Element (72) die Zahl der 5- und 6quantigen Elektronen um eins größer ist als bei den seltenen Erden. In der Sprache der Chemie bedeutet dies, daß das Element 72 nicht mehr zu den seltenen Erden gehört, sondern ein vierwertiges Element und homolog mit dem Zirkon ist²⁾.

¹⁾ Siehe N. Bohr, Zs. für Phys. 9, 1, 1922 sowie N. Bohr und D. Coster, Zs. für Phys. 12, 342, 1923.

²⁾ Daß man zwischen Tantal und den seltenen Erden ein Zirkonhomolog zu erwarten hat, wurde schon 1895 von Julius Thomsen vermutet (Zs. anorg. Chem. IX, 19). Neuerdings hat auch Bury (Journ. am. Chem. Soc. July 1921) in seinen an Langmuir anknüpfenden Betrachtungen über das periodische System darauf hingewiesen, daß man zwischen den dreiwertigen seltenen Erden und dem fünfwertigen Tantal ein vierwertiges Element zu erwarten hat. Die Auffassung, daß das Element 72 der Gruppe der seltenen Erden angehören sollte, ist dagegen in den meisten Darstellungen des periodischen Systems vertreten. Neuerdings bekam sie anscheinend eine Bestätigung durch die Mitteilung *Davilliers* (C. R. Mai 1922) der Beobachtung einiger sehr schwachen Linien in einer Röntgenspektromaufnahme eines von *Urbain* dargestellten Präparats seltener Erden, die einem Element von Atomnummer 72 zugeschrieben wurden. Dieses Element wurde als identisch mit einer früher von *Urbain* in diesem Präparat vermuteten seltenen Erde *Celtium* angesehen. Diese Auffassung muß aber durch unsere Resultate als widerlegt betrachtet werden (vgl. Nature 20. Januar 1923).

Da die chemisch homologen Elemente sehr oft in der Natur gemeinsam auftreten, lag der Gedanke nahe, das Element 72 in Zirkonmineralien zu suchen. Wir haben zu diesem Zwecke eine größere Zahl Zirkonminerale verschiedener Herkunft sowie auch einige käufliche Zirkonpräparate röntgenspektroskopisch untersucht. In allen Fällen wurden Linien beobachtet, welche nur vom Element 72 hervorgerufen werden konnten.

Die Versuche ergaben, daß in allen untersuchten Zirkonmineralien etwa 5 bis 10 % vom Elemente 72 anwesend sind. Eine Schätzung der Konzentration des Elementes 72 in den verschiedenen Proben ermöglichte das folgende Verfahren: Man mischte zum Präparat eine bekannte Menge von Tantal (Ordnungszahl 73) und verglich die Intensität der Tantallinien mit denen des Elementes 72; man bestimmt demnach, welche bekannte Tantalkonzentration dieselbe Linienintensität hervorruft wie die unbekannte Menge des Elementes 72. In allen käuflichen Zirkonpräparaten wurde über 1 % des Elementes 72 gefunden, in einem sogar etwa 5 %.

Versuche zur Trennung des Elementes 72 von Zirkon führten einerseits zu von dem neuen Element völlig freien Zirkon, andererseits zu Präparaten, die etwa 50 % des Elementes enthielten. Dabei wurden die Methoden angewandt, die zur Trennung der vierwertigen Elemente gebräuchlich sind. Es ist uns bisher die Untersuchung von 9 Linien der L-Serie des Röntgenspektrums des Elementes 72 gelungen, nämlich der Linien α_1 , α_2 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , γ_1 , γ_2 und γ_3 Linie (in Siegbahns Terminologie). Die Werte stimmen innerhalb 1 X Einheit (10^{-11} cm) mit den Werten überein, welche man durch Interpolation aus den Wellenlängentabellen des Lander Institutes erhält. Auch die relative Intensität der Linien ist genau so, wie man dies nach Analogie mit dem Verhalten bei den nächstliegenden Elementen 71 und 73 erwarten möchte. Für das neue Element 72 wurde von uns der Name Hafnium vorgeschlagen. Eine ausführliche Beschreibung des benutzten Trennungsverfahrens der röntgenspektroskopischen Resultate sowie des Ergebnisses einer vorläufigen Atomgewichtsbestimmung werden bald in den Mitteilungen der Kopenhagener Akademie erscheinen.

Kopenhagen, Universitetets Institut for teoretisk Fysik, den 31. Januar 1923.

D. Coster, G. v. Hevesy.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Deutscher Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Der Deutsche Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, der bekanntlich aus Vertretern einer größeren Zahl wissenschaftlicher Gesellschaften und Vereine — Hochschulprofessoren und Schulmännern — besteht, hat seit 1914 mehrere Jahre lang keine Vollversammlung abgehalten, doch hat der engere geschäftsführende Ausschuß die Vorgänge im Erziehungs- und Bildungswesen aufmerksam verfolgt und sich durch eine Reihe von Schriften an der schon in der ersten Kriegszeit einsetzenden Reformbewegung beteiligt. Gegenüber der einseitigen Betonung der sogen. ethischen Unterrichtsfächer hat der Deutsche Ausschuß immer von neuem auf den Wert der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung hingewiesen. Von den Schriften des Deutschen Ausschusses (2. Folge) sind seither erschienen: „Der mathematische Unterricht an den höheren Knabenschulen nach dem Kriege“ von H. E. Timer-

ding und „Der naturwissenschaftliche Unterricht an den höheren Schulen“ von F. Poske und R. von Hanstein. Vom ärztlichen Standpunkte behandelte A. Czerny in der Schrift „Die Erziehung zur Schule“ die Aufgabe des Elternhauses, schon im vorschulpflichtigen Alter die Kinder zur Ausdauer, zur Selbstständigkeit und zum Pflichtbewußtsein zu erziehen. Durch gewisse unerfreuliche Erfahrungen während der Kriegszeit angeregt, waren Verhandlungen mit angesehenen Sexualethikern und Vertretern der Gesellschaft zur Bekämpfung der Geschlechtskrankheiten gepflogen worden. Daraus ergaben sich die Schriften „Die Aufgaben der Sexualpädagogik“ von H. E. Timerding und „Sexuelle Erziehung im Lehrerseminar“ von P. Bröhmner. Es wurde dabei nicht verkannt, daß die entscheidenden Mittel gegen Ausschweifungen auf geschlechtlichem wie auf anderen Gebieten in der Erstarkung des Willens und in der Bildung der Persönlichkeit liegen.

Im Juli 1916 erhielt der Deutsche Ausschuß vom preußischen Unterrichtsministerium den Auftrag, einen Lehrplanentwurf für den mathematischen Unterricht an den drei Gattungen von höheren Knabenschulen auszuarbeiten. Zahlreiche Besprechungen innerhalb des Ausschusses sowie mit anderen Vertretern des Faches führten zu Vorschlägen, die an die „Meraner Lehrpläne“ von 1905 anknüpften. Im Zusammenhange damit erschien in den Fachzeitschriften eine grundsätzliche Äußerung des Deutschen Ausschusses über die Stellung des mathematischen Unterrichts an den höheren Knabenschulen, als eine Abwehr der von Vertretern anderer Fachgruppen des Unterrichtswesens erhobenen Forderung, eine Kürzung des mathematischen Unterrichts vorzunehmen. Auch fand im Oktober 1916 zu Frankfurt a. M. eine gemeinsame Sitzung des Vorstandes des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts mit Mitgliedern des Deutschen Ausschusses statt, auf der eine Reihe von Leitsätzen zur Schulorganisation im allgemeinen und zur Unterrichtsgestaltung im besonderen beraten und beschlossen wurde. In ihnen war namentlich auch stärkere Pflege des biologischen Unterrichts bis in die obersten Klassen aller höheren Schulen gefordert und die Bedeutung der praktischen Erziehung zur Selbsttätigkeit betont.

Im September und Oktober 1917 unternahmen zwei Mitglieder des Deutschen Ausschusses, die Herren A. Gutzmer und W. Lietzmann, auf Veranlassung des preußischen Unterrichtsministeriums eine Studienreise, um die Anwendungen von Mathematik und Physik im Heeresdienst sowohl in der Heimat wie an der Front kennen zu lernen. Sie erstatteten darüber einen Bericht auf einer Tagung der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Mathematik und Physik im November 1917, worauf in einer Entschliebung erklärt wurde, daß aus den Erfahrungen des Weltkrieges sich die offenkundige Notwendigkeit ergebe, für die allgemeine Verbreitung exakt-wissenschaftlicher Kenntnisse und der Einsicht in ihre praktische Verwendbarkeit noch eingehender und umfassender vorzusorgen als bisher.

Wenige Monate darauf, im Mai 1918, fand zum erstenmal wieder eine Gesamtsitzung des Deutschen Ausschusses, ebenfalls in Göttingen, statt. Dort wurde an erster Stelle das Verhältnis des erdkundlichen zum mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht unter Beteiligung führender Vertreter der Erdkunde behandelt. Der Deutsche Ausschuß beschloß, für die Durchführung des erdkundlichen Unterrichts an allen drei höheren Schulen einzutreten mit dem

ausdrücklichen Vorbehalt, daß die nötig werdende Vermehrung der Erdkundestunden nicht auf Kosten des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts erfolgen dürfe. Die besonderen Vorschläge für den Unterricht fanden ihre Darstellung in der Schrift „Die Stellung der Erdkunde im Rahmen der Allgemeinbildung“ von P. Wagner. In derselben Sitzung wurden mit Vertretern der Göttinger Universität die Maßnahmen erörtert, die zur tatkräftigen und wirksamen Förderung der aus dem Felde zurückkehrenden Studierenden ins Auge zu fassen seien. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind nachmals in beträchtlichem Umfange verwirklicht worden.

Bald nach Beendigung des Krieges trat die Einheitschulbewegung in den Vordergrund des allgemeinen Interesses. Der geschäftsführende Ausschuß nahm dazu im Juli 1919 in einer Reihe von Leitsätzen Stellung, in denen namentlich gefordert wurde: die geplante Grundschule darf höchstens vierjährig sein; an einer deutschen Oberschule müssen Mathematik und Naturwissenschaften stärker betrieben werden als am bisherigen Lehrerseminar; für den Besuch der Universitäten und Technischen Hochschulen ist eine Erziehung zum wissenschaftlichen Denken erforderlich, die der bisher an höheren Lehranstalten erlangten nicht nachsteht; die Bedeutung der niederen und höheren technischen Fachschulen wird voll anerkannt und für ihren Besuch eine Vorbildung entsprechend der bisher auf den Realschulen erworbenen gefordert; an etwa einzurichtende pädagogische Hochschulen sollen auch Vertreter der Mathematik und der Naturwissenschaften als Dozenten berufen werden; zur Beratung über die endgültige Gestalt des Einheitsschulwesens sind Vertreter praktischer Berufe, namentlich auch Ärzte, heranzuziehen. —

Auf der Reichsschulkonferenz im Juni 1921 war der Deutsche Ausschuß durch seinen Vorsitzenden H. Timerding vertreten; außer ihm nahmen von Mitgliedern des Deutschen Ausschusses noch W. Lietzmann und F. Poske an der Konferenz teil und traten dort für die Interessen des realistischen Unterrichts ein.

Gelegentlich der Naturforscherversammlung in Nauheim im September 1920 hatte eine Beratung des geschäftsführenden Ausschusses mit den dort anwesenden Mitgliedern des Deutschen Ausschusses stattgefunden. Es wurde beschlossen, in eine Neubearbeitung der Meraner Lehrpläne einzutreten, wofür durch die bereits erwähnte Bearbeitung der mathematischen Lehrpläne schon der Anfang gemacht war. Die dazu eingesetzte Kommission hat die Arbeit in enger Fühlungnahme mit einem weiteren Kreise von Fachmännern ausgeführt. Die „Neuen Lehrpläne für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Lehranstalten“ sind im Herbst 1922 als Heft 8 der Schriften des Deutschen Ausschusses im Verlag von B. G. Teubner erschienen. Sie unterscheiden sich von den Meraner Plänen in der Mathematik namentlich durch eine für alle Klassen durchgeführte Pflege des Zeichnens und Messens, ferner in einer Einbeziehung der Elemente der Infinitesimalrechnung auch auf der Oberstufe der Gymnasien und einer entsprechenden Erweiterung der Funktionsbetrachtungen auf den vorhergehenden Stufen. Auf die Beziehungen zur Wirklichkeit und die praktischen Anwendungen wird mehr Nachdruck gelegt als früher, desgleichen auf eine schärfere Erfassung des Größenbegriffs. In den Naturwissenschaften sind die praktischen Schülerübungen auf allen Gebieten und in allen Schulgattungen als verbindliche Teile des Unterrichts behandelt und ein-

gehende Vorschläge für deren Aufteilung auf die einzelnen Fächer gemacht. Für die Oberstufe der hum. Gymnasien sind vier naturwissenschaftliche Stunden gefordert, damit auch ein bescheidenes Maß chemischer und biologischer Kenntnisse übermittelt werden kann. Auch für die Naturwissenschaften kommt in den vorliegenden Plänen die Beziehung zur Wirklichkeit und die Erziehung zur Wirklichkeit und die Erziehung zum Wirklichkeitsdenken stärker als früher zur Geltung, was besonders in der vermehrten Pflege der technischen und wirtschaftlichen Seite, der Heimatkunde und in der Gesundheitspflege seinen Ausdruck findet.

Die „Neuen Lehrpläne“ erstrecken sich zunächst auf die drei älteren Formen höherer Schulen. Nicht minder wichtig aber war die Aufgabe, Pläne für die im Entstehen begriffenen neuen Schultypen der neunstufigen deutschen Oberschule und der an die Volksschule anschließenden Aufbauschule zu schaffen. Schon im Jahre 1920 hat der Deutsche Ausschuß im Auftrage der obersten preußischen Unterrichtsbehörde mathematische Lehrplanvorschläge für diese neuen Schulgattungen entworfen; er hat sich ferner in Eingaben an verschiedene deutsche Schulbehörden scharf gegen eine einseitig literarische Auffassung des Begriffs „Deutsches Bildungsgut“ gewendet und die Anerkennung der realistischen Bildungselemente als wertvoller deutscher Kulturgüter gefordert. Ohne angemessene Einschränkung des bisher üblichen fremdsprachlichen Betriebes aber sei dieses Ziel auf der deutschen Oberschule unerreichbar. Dementsprechende Lehrplänenentwürfe für die Gesamtheit des mathematischen, naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterrichts sind im Jahre 1921 den deutschen Regierungen überreicht worden. Die Grundzüge dieser Entwürfe haben auch in die erwähnte Schrift über „Neue Lehrpläne“ Aufnahme gefunden. Endlich ist einiges Grundsätzliche zur Reform des höheren Mädchenschulwesens und zur Frage der Gabelung des Unterrichts auf der Oberstufe der höheren Lehranstalten angeschlossen worden.

Die Frage des Lehrplans der Grundschule ist ebenfalls vom Deutschen Ausschuß mit Männern der Volksschule beraten worden. Der Deutsche Ausschuß hat seine darauf bezüglichen Forderungen im Januar 1921 in einer vom preußischen Unterrichtsministerium einberufenen Konferenz vertreten und sich namentlich gegen jede Überspannung der Ziele im Deutschen auf Kosten der realistischen Fächer gewendet. Auch in dieser Hinsicht hat der Deutsche Ausschuß Vorstellungen bei den Unterrichtsbehörden erhoben. Verbunden hiermit ist die Frage der Reform des gesamten Volksschulunterrichts und die noch schwierigere Frage der künftigen Ausbildung der Volksschullehrer. Hier wird besonders darauf hinzuwirken sein, daß stets eine hinreichende Zahl realistisch ausgebildeter Volksschullehrer vorhanden ist. Der Deutsche Ausschuß hat besondere Richtlinien hierfür entworfen und eine Beteiligung von seiner Seite an der weiteren Bearbeitung des Gegenstandes in die Wege geleitet.

Es wird aus dem Mitgeteilten ersichtlich sein, wie vielseitig die Tätigkeit des Deutschen Ausschusses in den letzten Jahren gewesen ist und wie unentbehrlich sein weiteres Fortbestehen ist, wenn die Sache der realistischen Bildung nicht Schaden leiden soll. Die Förderung dieser Bildung bedeutet nicht einseitiges Fachinteresse, sondern eine nationale Notwendigkeit. Der Ausgang des Wirtschaftskampfes, den wir zu führen haben, hängt zu einem erheblichen Teil davon ab, in welchem Maße unser Volk gelernt haben wird, reali-

stisch zu denken, d. h. die Dinge rein sachlich zu beurteilen und sachgemäß zu behandeln. Zur Erreichung dieses Zieles mitzuwirken ist die vornehmste Aufgabe jedes realistischen Unterrichtes.

F. Poske

Beitrag zur Geschichte der Relativitätstheorie.

Es dürfte kaum allgemein, ja nicht einmal in den engeren Kreise der Fachgelehrten bekannt sein, daß bereits in der Mitte des 17. Jahrhunderts durch den vorwiegend als geistreichen Schriftsteller und Humanisten, aber gar nicht als Physiker bekannten Franzosen Cyrano de Bergerac die Relativitätstheorie der Bewegung schon mit einer für die damaligen Verhältnisse überraschenden Klarheit ausgesprochen wurde. Die höchst merkwürdige und überraschende Stelle findet sich in dem nach seinem Tode (1655) herausgegebenen „Fragment de Physique“, ist also vor Newton erschienen, denn Newton, geb. 1647, war damals erst acht Jahre alt. Ich zitiere nach den von P. L. Jacob herausgegebenen Oeuvres de Cyrano de Bergerac (Paris, Adolphe Delalaye 1858) Band I. Hier findet sich unter Kapitel V die im folgenden in deutscher Übersetzung wiedergegebene Betrachtung. In dieser im übrigen wörtlich getreuen Übersetzung habe ich der größeren Deutlichkeit wegen, ohne dadurch den Sinn zu ändern, einige Worte beigelegt. Diese Beilegungen sind durch eckige Klammern ersichtlich gemacht.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß Cyrano de Bergerac schon damals, und zwar, wie er ausdrücklich hervorhebt, „im Gegensatz zur allgemeinen Ansicht“ den Begriff eines absoluten Raumes verwirft. In einem früheren Kapitel führt er nämlich aus, daß es keinen leeren Raum geben könne, und daß Raum und Materie zwei identische Begriffe sind. Es ist auch ganz besonders interessant, daß er als Beispiel für die Relativität der Bewegung nicht etwa eine gleichförmige geradlinige, sondern eine Rotationsbewegung anführt. Sogleich führt er aber das von ihm selbst vorgebrachte Kriterium ad absurdum, daß man nämlich jenen Körpern am ehesten noch die wirkliche Bewegung zuschreiben könne, in denen die „Ursache“ der Bewegung liegt. Hierzu benutzt er das Beispiel eines gegen den Strom schwimmenden Mannes, der bezüglich der Flußufer als ruhend zu betrachten ist, obgleich die „Ursache der Bewegung“ doch diesem Manne zuzuschreiben ist. Im übrigen möge der Originaltext besser als alle Kommentare sprechen.

Sehr bemerkenswert sind auch zwei weitere Äußerungen, die sich im Kapitel VII finden, wo von der Verlangsamung der Bewegung die Rede ist. Dort findet sich eine an sich etwas unklare, aber immerhin überraschende Gleichsetzung der Wirkung der schweren und trägen Masse. Ferner wird dort nach einer in ihren Details nicht ganz klaren Deduktion in überraschend einfacher und klarer Weise der Impuls- und Energiesatz ausgesprochen.

Fragment de Physique.

Kapitel V. Über die Bewegung und Ruhe.

Nachdem ich erstlich über die Natur der Bewegung nachgedacht habe, scheint es mir, daß alles, was wir sagen können, um die Kenntnis zu erklären, die wir von ihr haben, darin besteht, zu sagen, daß sie der Übergang eines Körpers von der Nachbarschaft gewisser Dinge an die Nachbarschaft anderer Dinge ist. Und damit entferne ich mich ein wenig von der allgemein verbreiteten Ansicht, welche die Bewegung

als den Übergang eines Körpers von einem Ort zu einem anderen Ort definiert, weil diese [Ansicht] annimmt, daß alle Körper in einer Ausdehnung oder einem Raum, von dem sie tatsächlich verschieden sind, eingefügt sind, so daß, indem man dieser Ausdehnung auch einzelne Teile zuerkennt, man annimmt, daß der bewegte Körper successive an den Ort versetzt wird, in dem er enthalten ist. Dieser Gedanke wäre vernünftig, wenn das, was er voraussetzt, wahr wäre. Da wir aber diese vorgebliche Ausdehnung negieren, weil sie die Materie selbst ist, so sind wir gezwungen, diese Beweglichkeit mit Bezug auf die Teile der Materie zu betrachten und nicht von jenem eingebildeten Ort, der keine Teile hat, da er ja keine Ausdehnung hat. Sich bewegen also heißt, sich von gewissen Teilen eines Körpers trennen, um sich an den Teilen eines andern Körpers anzufügen. Und da jede Trennung wechselseitig ist, d. h. daß ein Körper sich nicht von einem andern Körper trennen kann, ohne daß dieser sich gleichzeitig von ihm trennt, so folgt daraus, daß man nicht wahrnehmen könnte, daß ein Körper sich mit Bezug auf einen andern bewege, ohne daß dieser andere Körper sich mit Bezug auf den ersteren bewege und demzufolge, wenn ich in der Welt eine Pirouette um meine eigene Achse mache, oder wenn ich, ohne mich zu rühren, auf demselben Orte verharre (was wieder dasselbe ist!), so folgt daraus, daß die Teile der Welt, die mich umgeben, sich von gewissen Teilen meiner Körperoberfläche trennen und sich anderen Teilen anfügen — so folgt daraus, sage ich, dasselbe, wenn ich mich in der Welt um meine Achse gedreht habe, wie wenn alle Teile der Welt sich um mich herum bewegt hätten. Man kann daher nicht aussprechen, daß das Eine sich eher bewegt als das Andere, wenn man nicht noch gewisse Voraussetzungen annimmt, von denen die beste, die man machen kann, wohl die ist, daß man die Bewegung jenem Körper zuschreibt, in dem die Ursache der Trennung [von der Mitwelt] liegt, und dem andern die Ruhe. Deswegen wird man, wenn ein Mensch in der Welt eine Pirouette macht, sagen, daß dieser Mensch sich bewegt und nicht die Welt, weil er die Ursache der Trennung ist. Trotz dieser Regel [ist es schwer] den bewegten Körper vom unbewegten zu unterscheiden, wenn ein Mann in einem Schiffe von der Strömung des Wassers und der Luft davongetragen wird und er sich doch nicht von den benachbarten Körpern, die ihn umgeben, trennt, oder wenn [daneben] ein anderer in einem Flusse ebenso viel Kraft aufwendet, um gegen den Strom hinaufzu schwimmen, wie der Strom Kraft aufwendet, um ihn nach abwärts zu ziehen. Denn obwohl er immer gegenüber derselben Gegend am Ufer verbleibt, muß er sich doch unablässig bewegen, da er sich doch fortwährend von gewissen Teilen des Wassers trennt, um sich andern anzufügen und die Ursache dieser Trennung in ihm liegt. Trotzdem kann man sagen, daß dieser Schwimmer unbewegt ist, wenn man ihn mit den Partien des Ufers vergleicht, zu denen er immer in der gleichen Lage ist und bewegt, mit Rücksicht darauf, daß er sich von einem bestimmten Orte des Schiffsbordes entfernt. Aber wie man wissen kann, ob man das Recht hat, einem Körper Ruhe oder Bewegung zuzuschreiben, indem man ihn eher mit einem

entfernten Ding vergleicht, als mit dem, welches ihn unmittelbar umgibt, das lasse ich dahingestellt sein. In jedem Fall ist dies nur eine Namensfrage und es heißt eigentlich pedantischerweise nur über ein Fagon de parler disputieren, welcher, wenn jemand sie gebraucht, ohne sich näher zu erklären, man nicht gezwungen ist, eher die eine Interpretation zu geben als die andere.

Kapitel VII.

Von der Verlangsamung der Bewegung.

Wir erkennen verschiedene Grade von Geschwindigkeit in der Bewegung und gleichzeitig verschiedene Grade der Kraft (Stärke), mit welcher ein Körper gegen einen bestimmten Ort hinstrebt, welche „Schwere“ heißt, wenn sie gegen die Erde gerichtet ist. Obwohl man sich dieses Namens nicht bedient, um die Wirkung aller möglichen Bewegungen zu erklären, so hängt dies doch immerhin von unserem Gutdünken ab, denn wir erkennen keinen Unterschied zwischen der Wirkung einer durch eine Kanone gegen eine Stadtmauer geschleuderten Kugel und der Wirkung, die diese Kugel ausübt, wenn sie von oben nach unten fällt, weil bei diesen beiden Zusammentreffen die Wirkung der Kugel darin besteht, einen Druck auf den Körper auszuüben, den sie auf ihrem Wege findet.

So wird man verstehen, wieso die Bewegung eines Körpers sich in dem Maße verlangsamten muß, wie er sie andern mitteilt, welche letztere fortfahren werden, sich zu bewegen, bis auch sie ihre ganze Bewegung andern Körpern mitgeteilt haben.

Aus dieser Erklärung ist es leicht, zu schließen, daß in der „Welt“ die Bewegung weder abnimmt noch zunimmt, weil es sich erweist, daß, was ein Körper daran verliert, von einem andern Körper in Besitz genommen wird. Ing. Blach, Wien.

Die Nordlichterscheinungen und die sich anschließenden Probleme. (Vortrag von C. Störmer auf dem Mathematiker-Kongreß zu Helsingfors 1922.) Eine befriedigende Erklärung des Nordlichtphänomens ist erst im Laufe der letzten 20 Jahre gegeben worden. Sie ist im wesentlichen eine Frucht der Arbeiten norwegischer Physiker, denen der Norden des eigenen Landes, nahe der Zone maximaler Nordlichthäufigkeit, Gelegenheit zu Beobachtungen bot. Man kann in der Geschichte der Nordlichtforschung drei Zweige unterscheiden, die sich im Laufe der Entwicklung gegenseitig anregten. Der erste bezieht sich auf die Beobachtung der Erscheinungen. 1892 gelang es Brendel und Baschin an der bekannten Beobachtungsstation Bossekop (Lappland) unter Benutzung farbenempfindlicher Platten die ersten brauchbaren Nordlichtphotographien zu erzielen. Seitdem wurden stereophotogrammetrische Verfahren ausgebildet; gleichzeitige Aufnahmen von zwei um mehrere Kilometer voneinander entfernten Standpunkten aus geben Struktur, Helligkeitsverteilung und räumliche Lage des Polarlichts. Die zeitlichen Veränderungen sind neuerdings kinematographisch festgehalten worden (Störmer 1913; Expositionszeit des Einzelbildes etwa 2 Sekunden). Spektroskopische Beobachtungen und Aufnahmen geben Aufschluß über die Natur der leuchtenden Gase. Die beiden anderen Zweige beziehen sich auf die Erklärung des Nordlichts, und zwar entweder experimentell durch Nachahmung in den bekannten Terrella-Experimenten Kr. Birkelands (Verhalten von

1) Hierunter ist vermutlich zu verstehen, daß ein auf der Erde ruhender Körper mit Rücksicht auf die Umdrehung der Erde ohnedies in 24 Stunden eine Pirouette macht. (Anmerkung des Übersetzers.)

Kathodenstrahlen in der Nähe einer magnetisierten Kugel) oder *theoretisch* durch Berechnung der Bahnen elektrischer Teilchen, die von der Sonne ausgehen und in den Bereich des Magnetfeldes der Erde gelangen.

In dem hier zu besprechenden Vortrag gibt **Störmer** einen kurzen Überblick über die Entwicklung und den heutigen Stand der Polarlichtforschung, namentlich — seinem eigenen Arbeitsgebiet entsprechend — über den zuletzt genannten theoretischen Zweig. **Poincaré** hatte — im Anschluß an ein Birkeland'sches Experiment — gezeigt, daß ein elektrisches Teilchen unter der Wirkung eines Magnetpols spiralenförmig auf dem Mantel eines Rotationskegels läuft, dessen Spitze in dem Magnetpol liegt; hierin liegt das Urbild des erdmagnetischen Kraftlinien parallelen „Nordlichtstrahls“. **Störmer** stellt für die Nordlichttheorie das folgende allgemeine Problem auf: „In einem gewissen Moment sei im Raum zwischen Sonne und Erde eine Verteilung von Strömen elektrischer Teilchen gegeben; wie entwickelt sich das Phänomen und das entsprechende elektromagnetische Feld, wenn man die gegenseitigen elektromagnetischen Wirkungen zwischen den Strömen, der Sonne und der Erde in Betracht zieht?“ Zunächst ist die Aufgabe nur unter stark vereinfachenden Voraussetzungen (elektrisches Teilchen im Felde eines Elementarmagneten) in Differentialgleichungen umgesetzt. Es gelingt zwar nicht, diese Gleichungen vollständig zu lösen, aber das Studium eines ersten Integrals und einzelner, durch numerische und graphische Integration gewonnener Bahnkurven wirft ein Licht auf gewisse Ergebnisse der Birkeland'schen Experimente. Die Theorie erklärt auch — selbst in dieser idealisierten Form — viele wesentliche Züge der beobachteten Nordlichterscheinungen, z. B. die Existenz zweier Zonen maximaler Nordlichthäufigkeit, die die magnetischen Pole der Erde umgeben, ferner die vorzugsweise ost-westliche Erstreckung der Nordlichtbogen, die starke Veränderlichkeit der Erscheinung, Form und Lage der Strahlen usw. Jedoch besteht eine Schwierigkeit: selbst bei der Annahme schnellster Kathodenstrahlen würde die erwähnte Zone maximaler Nordlichthäufigkeit nur wenige Grad Abstand von der magnetischen Erdoberfläche haben, während dieser Radius in Wirklichkeit etwa 20° – 25° beträgt. Erst durch die Berücksichtigung eines korpuskularen Ringstroms, der die Erde in der Ebene des magnetischen Äquators in weitem Abstand umkreist, gelang es **Störmer**, die wirkliche Lage der Maximalzone zu erklären; das gleichzeitige Auftreten von Polarlichtern außerhalb dieser Zone und erdmagnetischer Störungen wird als Wirkung von Veränderungen dieses Ringstroms gedeutet).

Aus der Lage und Lichtverteilung in den Nordlichtstrahlen lassen sich Schlüsse auf die Höhe und Zusammensetzung der Atmosphäre ziehen. Die verhältnismäßig scharfe untere Grenze der Nordlichterscheinungen in etwa 90 km Höhe sowie die stärkere Leuchtkraft der untersten Teile der Strahlen will **Störmer** dahin deuten, daß in 95–120 km Höhe der Übergang von der unteren Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre in die obere Wasserstoff-Helium-Atmosphäre stattfindet. Die Spitzen der Strahlen des Nordlichts vom 22. bis

23. März 1920 erreichten Höhen von 600 km und brachten dadurch die erste sinnfällige Kunde von diesen entfernten Teilen unserer Atmosphäre.

Zum Schluß erwähnt **Störmer** die überraschende Ähnlichkeit zwischen den Bahnen von Kathodenstrahlen im Felde eines Magneten und der Gestalt der Sonnenkorona; er erklärt sie durch die Annahme eines dem Erdfeld ähnlichen — magnetischen Feldes der Sonne, das die Bahnen der von der Sonne ausgesandten, die Korona erzeugenden Kathodenstrahlen beeinflußt. Allerdings ergibt diese Überlegung für die Sonnenoberfläche ein Feld von nur etwa 10 Gauß, während **Hale** aus dem Zeeman-Effekt 20–50 Gauß findet.

J. Bartels.

Der Sonnenschein in Deutschland. Der Klima-Atlas von Deutschland, in welchem **G. Hellmann** die geographische Verbreitung der wichtigsten klimatischen Elemente unseres Vaterlandes in der konzentrierten Form von Isorythmenkarten zur Darstellung gebracht hat¹⁾, sucht man vergeblich nach einer Karte der Isohelien (Linien gleicher Sonnenscheindauer). Über die Gründe, die zu dieser Unterlassung geführt haben, verbreitet sich **Hellmann** jetzt ausführlicher in einer Akademieabhandlung²⁾. Der Hauptgrund liegt in der Unvollkommenheit der gebräuchlichen Registrierapparate (Sonnenscheinautographen *Campbell-Stokes*), die keine streng vergleichbaren Werte liefern, welche die Konstruktion von Isohelien ermöglichen würden. Immerhin gelang es aus dem umfangreichen Material mit aller Vorsicht einige Ergebnisse abzuleiten. Zur Verwertung kamen nur lange Beobachtungsreihen von 20 bis 25 Jahren aus dem Zeitraum 1891 bis 1915. Die Mittelwerte sind für jede Tagesstunde jedes Monats in Tabellen wiedergegeben, und zwar für die Stationen Berlin, Bremen, Breslau, Brocken, Celle, Dirschau, Eriurt, Geisenheim, Helgoland, Hohenheim bei Stuttgart, Jena, Karlsruhe, Kassel, Kiel, Kolbergermünde, Magdeburg, Marburg, Marggrabowa, Meldorf, Nesserland, Schleuse bei Emden, Niesky, Poppelhof bei Bonn, Potsdam, Rostock, Samter, Schlanstadt und Schneekoppe. Den Stundenmitteln und deren Summen sind noch für jeden Monat hinzugefügt die Werte für die mittlere Dauer in Stunden wie in Prozenten der möglichen Dauer, die mittlere, größte und kleinste Zahl der sonnenlosen Tage, die größte stündliche Summe, größte und kleinste monatliche wie jährliche Summe sowie die mittlere Dauer in den Stunden 9 a bis 12 a und 12 a bis 3 p.

Schließlich ist noch die mittlere Dauer des Sonnenscheins für die Stunden 9 a bis 3 p in Stunden wie in Prozenten der Jahressumme angegeben und aus letzteren Werten der heliographische Koeffizient in der Weise berechnet worden, daß man den Quotienten bildet, der das Verhältnis der beobachteten mittleren Sonnenscheindauer eines Monats zu jener ausdrückt, welche diesem Monat bei einer ganz gleichförmigen Verteilung über das Jahr zukommen würde. Ist also der heliographische Koeffizient größer als eins, so erhebt sich die Sonnenscheindauer über den Durchschnitt, was naturgemäß im Sommerhalbjahr regelmäßig der Fall ist.

1) Klima-Atlas von Deutschland. Bearbeitet von **G. Hellmann** und **G. von Elsner**, **H. Henze** und **K. Knöch**. (Veröffentlichungen des Preussischen Meteorologischen Instituts Nr. 312.) 63 Kartenseiten, 40 S. Text. Berlin 1921. — Vergl. Die Naturwissenschaften, Berlin 1921, Jahrgang 9, Heft 45, S. 931–932.

2) Die Sonnenscheindauer in Deutschland von **G. Hellmann**. Sitzungsber. d. Preussischen Akad. d. Wiss., Physikal.-math. Klasse, Berlin 1922, S. 266–293.

4) Über die aus erdmagnetischen Beobachtungen folgenden Beweise für die Existenz dieses Ringstroms, den von **Birkeland** herrührenden experimentellen Nachweis und die daraus für die Erklärung des Saturnrings und anderer kosmischer Erscheinungen gezogenen Schlüsse vergl. **A. Nippoldt**, Erdmagnetismus. Erdstrom und Polarlicht (Sammlung Götschen), 3. Aufl., Berlin 1921.

Das Jahresmittel der täglichen Sonnenscheindauer beträgt durchschnittlich etwa $4\frac{1}{2}$ Stunden, im Westen weniger als im Osten. Auf den Gipfelstationen, Brocken und Schneekoppe, sinkt es auf 3,6 Stunden. Zieht man nur die Sonnenscheindauer von 9^h a. m. bis 3^h p. m. in Betracht, um die störenden Einflüsse der geographischen Lage (geographische Breite und Beeinflussung des freien Horizontes durch das Gelände) auszuschalten, so ergeben sich Durchschnittswerte zwischen 2,15 (Brocken und Schneekoppe) und 2,75 (Samter) Stunden.

In ganz Deutschland haben in der kalten Jahreshälfte die drei Stunden nach Mittag mehr Sonnenschein als die drei vorhergehenden, so daß also im Winter als Sonnenseite nicht der Süden, sondern Süd-südwest zu gelten hat. Als größte Jahressumme kann man rund 2000 Stunden (Geisenheim 2050) annehmen, als kleinste im Nordosten 1300, im Westen 1100 Stunden. Die Veränderlichkeit der Sonnenscheindauer ist verhältnismäßig am größten im Winter, am kleinsten im Sommer. Die mittlere Zahl der Tage ohne meßbaren Sonnenschein beträgt in Jena 68, auf dem Brocken 126, an den übrigen Orten meist 80 bis 88 Tage im Jahre. Ein Monat ohne jeden Sonnenschein ließ sich an keiner Station feststellen, doch hatte Rostock ein einziges Mal im Dezember 29 sonnenlose Tage; im Gegensatz dazu gab es in Marburg, Kassel und Potsdam im Oktober einmal 31 Tage mit Sonnenschein.

Auf die sonstigen zahlreichen, interessanten und wichtigen Einzelheiten, wie z. B. die Mängel der Registrierapparate und die Auswertung der Aufzeichnungen, die Häufigkeit des Eintretens der Stufenwerte, die Beziehungen der Sonnenscheindauer zur Bewölkung, die Ausnahmestellung der Großstädte und andere Feststellungen methodologischer Natur einzugehen, ist im Rahmen dieses kurzen Hinweises nicht möglich.

O. B.

Kohlenoxyd im Tabakrauch. (Henry E. Armstrong, Brit. med. journ. Nr. 3208, S. 992—993, 1922.) Verf. untersucht den Rauch von Zigarren und Zigaretten, um einen Einblick zu gewinnen, in welchem Maße giftige Gase, speziell Kohlenoxyd, vorhanden sind. Die Blutprobe zum Nachweis von CO kann erst nach Reinigung des Rauches mit Watte, rauchender Schwefelsäure und konzentrierter Natronlauge erfolgen. Beim Rauchen verschiedener Zigarettenarten oder von Pfeifen durch „künstliches“ Saugen wurde festgestellt, daß 80 % Luft durch die Zigaretten, 50 % durch Pfeifen, 30 % durch Zigarren gesaugt werden. Da der gefundene CO-Gehalt sehr niedrig war, wurde der gereinigte Rauch nach *Gautier* über erhitztes Jodpentoxyd geleitet und das dabei frei werdende Jod durch Titration bestimmt. Der CO-Gehalt ist stark von der Geschwindigkeit des Rauchens abhängig. Bei raschem Ansaugen der Luft werden Ausdehnung und Temperatur der glühenden Masse gesteigert, mehr CO gebildet. Im allgemeinen enthält Zigarettenrauch zwischen 0,5—1 % CO. In einer weiteren Versuchsreihe wurde der im Munde angesammelte Rauch direkt analysiert. Alte, abgelagerte Zigarren lassen Luft leicht durchtreten. So erklären sich die niederen CO-Werte. Die Dichte und Festigkeit der Zigarrenwicklung sowie die Geschwindigkeit des Rauchens sind hierbei neben der Länge der glühenden Masse bestimmende Faktoren. Rasche Raucher erzeugen demnach vielmehr CO. Von einer zu $\frac{1}{2}$ gerauchten Durchschnittszigarre betrug das gebildete Rauchvolumen 0,303 Kubikfuß, mit 7 % CO-Gehalt. 1 Kubikfuß Kohlengas enthält soviel CO wie 4 Zigarren. Beim Inhalieren des Zigarrenrauches

dringen vermutlich flüchtige Destillationsprodukte weiter vor als beim Zigarettenrauchen, weswegen leicht Übelsein auftritt. Bei Zigarettenrauchern finden sich oft Zeichen von CO-Absorption im Blute. Ein Freund des Verf. hatte 5 % CO im Blute, ein anderer ebenso starker Zigarettenraucher hatte mutmaßlich wegen intensiven Gas- und allgemeinen Stoffwechsels kein CO im Blute.

Schübel, Würzburg.

Astronomische Mitteilungen.

Die Entfernung der kugelförmigen Sternhaufen.

Der Streit um die neuen Anschauungen über den Aufbau des Sternsystems ist noch immer nicht abgeschlossen, doch hat sich die Diskussion in der letzten Zeit fast ausschließlich darauf zugespitzt, ob die von *Shapley* zur Messung der Entfernungen der Kugelhäufen benutzte Skala der Größenordnung nach richtig ist. Zur Entscheidung dieser Frage sind zwei Punkte wichtig:

1. Gilt ein und dieselbe „period-luminosity curve“ gleicherweise für lang- und kurzperiodische Cepheiden und sowohl in den Sternhaufen wie in der kleinen Magellanwolke, für die sie ursprünglich abgeleitet wurde?
2. Ist der Nullpunkt dieser Kurve, d. h. die Ausgangsordinate für die absoluten Helligkeiten, richtig festgelegt?

In einer Reihe von Bemerkungen, zusammengefaßt unter dem Titel „Notes bearing on the distances of clusters“ (Harvard Circular 237), nimmt *Shapley* neuerdings Stellung zu diesen Fragen und zu der Kritik, die an seinen Arbeiten geübt wurde. Dabei liegt das Hauptgewicht auf der Widerlegung der Einwände *Kapteyns* und *van Rhijns*¹⁾, die weitaus die wichtigsten und am meisten beachteten der in der letzten Zeit vorgebrachten sind. *K.* und *v. Rh.* hatten bekanntlich auf Grund der aus den EB abgeleiteten mittleren Parallaxen von 14 kurzperiodischen Cepheiden den Nachweis führen zu können geglaubt, daß diese sämtlichen Sterne uns verhältnismäßig nahe ($\bar{\pi} = 0'',065$) und daher als Zwerge ($\bar{M} = +4,0$) zu betrachten seien. Es ergäbe sich daraus eine Nullpunktskorrektur der *Shapleyschen* „period-luminosity curve“ um mehr als vier Größenklassen, d. h. eine Verkleinerung des ganzen *Shapleyschen* Systems im Maßstab 1 : 8. *Shapley* zeigt nun, daß die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der von *Kapteyn* vorgeschlagenen Methode — Berechnung der $\bar{\pi}$ aus den v -Komponenten der EB — nicht zutreffen: die τ -Komponenten, welche die Spezialbewegungen der Sterne repräsentieren, sind nicht klein gegenüber den v -Komponenten, wie es der Fall sein müßte, wenn letztere in der Hauptsache als Reflex der Sonnenbewegung gedeutet werden dürften. Sie sind vielmehr von gleicher Größe, was offenbar *Kapteyn* entgangen ist, da er die τ gar nicht berechnete. *Shapley* findet $\bar{\tau} = 0'',047$, während $\bar{v} = 0'',048$ ist. Man kommt damit aber im Gegensatz zu den großen Parallaxen *Kapteyns* zu einer Trift rasch bewegter, absolut sehr heller Sterne, deren Zielpunkt:

$$R. A. = 147^\circ \pm 15^\circ, \text{Decl.} = -57^\circ \pm 9^\circ$$

$$\mu_t = +0'',039 \pm 0,008 \text{ entspr. } 220 \text{ km/sec}$$

sich deckt mit dem von *Strömberg* (Mt. Wilson Contr. 210) für alle Sterne mit großen Geschwindigkeiten gefundenen. Diese Anschauung wird bestätigt durch

1) Siehe Naturw. 1922, Heft 24.

die Radialgeschwindigkeiten, die man für 5 der Sterne kennt und die der Reihe nach -50 , -196 , -51 , -193 , -74 km, im Mittel 113 km betragen. Vergleicht man diese mittlere Radialgeschwindigkeit, die *Shapley* auf 100 km reduziert, um ja nicht zu hoch zu greifen, mit der entsprechenden mittleren τ -Komponente, $\bar{\tau} = 0^{\circ}031$ (nicht $0^{\circ}0031$, wie versehentlich a. a. O. S. 4 steht), so findet man als mittlere Parallaxe $\bar{\pi} = 0^{\circ}00147 \pm 0^{\circ}00039$, und dieser Wert ist nur $1,8 \pm 0,5$ mal so groß als der von *Shapley* früher angegebene und gibt keine Veranlassung, die absolute Helligkeit der kurzperiodischen Cepheiden wesentlich kleiner als 0 anzunehmen.

In einer zweiten Notiz weist *Shapley* darauf hin, daß bis jetzt in mindestens 6 Sternhaufen und in der Magellanwolke das gleichzeitige Vorkommen lang- und kurzperiodischer Cepheiden festgestellt sei und daß überall die Bedingungen der „period-luminosity curve“ erfüllt seien.

Die dritte Notiz gilt dem Nachweis der Identität der Lichtkurven typischer Cepheiden in der Magellanwolke und isolierter galaktischer. In ein- und dieselbe Figur sind die beobachteten Helligkeiten der Magellan-Cepheiden (Periode 6,3 bzw. 127,0 Tage) und die durch lineare Transformation der Phase und Amplitude diesen Verhältnissen angepaßten Lichtkurven zweier entsprechenden galaktischen Cepheiden (Periode 5,8 bzw. 102,8 Tage) eingezeichnet. Die Kurven genügen vollkommen den Beobachtungen.

In der vierten Notiz zeigt *Shapley*, daß, wie schon kurz in Harvard Bulletin 765 angezeigt (siehe den Schluß des oben zitierten Referats), die von *Miss Leavitt* in der Magellanwolke aufgefundenen 25 Cepheiden mit Perioden über einem Tag und 13 mit Perioden unter einem Tag durch ein- und dieselbe „period-luminosity curve“ dargestellt werden. Ein gleiches gilt für 5 langperiodische und 90 kurzperiodische Cepheiden in ω Centauri. An dieser Stelle wird nun auch noch eine Prüfung des Nullpunkts der Kurven angeschlossen. Für 17 langperiodische Cepheiden haben *Kapteyn* und *van Rhijn* eine mittlere Parallaxe von $0^{\circ}0029$ gefunden, die sich auf $0^{\circ}0026$ verringert, wenn man der zugrunde gelegten Sonnengeschwindigkeit ($19,5$ km) den heute besten Wert ($21,5$ km) zuerteilt. Die absolute Helligkeit ist dann im Mittel $-2,6$, während sich aus *Shapleys* Kurve zu der entsprechenden Periode ($7,6$ Tage) der Wert $-2,7$ ergibt. Die Übereinstimmung ist vollkommen und zeigt, im Verein mit der nachgewiesenen Kontinuität der Kurve für lang- und kurzperiodische Cepheiden, von neuem, daß die letzteren Sterne im Mittel nicht schwächer als nullter Größe absolut sind.

Eine letzte Notiz vergleicht endlich noch die in den letzten Jahren direkt gewonnenen Parallaxen für 14 galaktische Cepheiden mit den Werten, die *Shapley* für diese Sterne angegeben hatte. *Adams'* spektroskopische Parallaxen stimmen für Stern mit *Shapleys* Werten überein, was aber nur sehr bedingt beweiskräftig ist, da ihnen in gewisser Beziehung gleiche Voraussetzungen zugrunde liegen. Um so überzeugender wirkt die Gegenüberstellung mit trigonometrischen Parallaxen, nicht im einzelnen, weil bei der Kleinheit der Werte die Beobachtungsfehler sich zu stark geltend machen, sehr wohl aber im Mittel. *Shapleys* Parallaxen geben im Mittel $0^{\circ}0049 \pm 0,0009$, die trigonometrischen Parallaxen, je nachdem man sie wegen systematischer Fehler korrigiert oder nicht: $0^{\circ}0039 \pm 0,0020$ bzw. $0^{\circ}0058 \pm 0,0018$. Die entsprechenden absoluten Hellig-

keiten aus den trigonometrischen Parallaxen sind $-3,3 \pm 2,3$ bzw. $-1,1 \pm 0,7$, der eine Wert etwas größer, der andere um ein Geringes kleiner als *Shapleys* Wert $-2,0$.

Faßt man den Gesamteindruck der vorliegenden Arbeit zusammen, so muß man sagen, daß *Shapley* mit großem Geschick sein Gebäude verteidigt und sich bemüht, es immer mehr zu festigen, die da und dort noch Angriffe herausfordernden Lücken immer sicherer zu überbrücken. Wenn auch vielleicht das letzte Wort in diesen Fragen noch nicht gesprochen ist, so wird es doch schweren Geschützes bedürfen, um das Bauwerk wirksam zu erschüttern.

Das Milchstraßensystem. In *Nature* Nr. 2764/65, 1922, gibt *Shapley* eine allgemeine Zusammenstellung seiner Ansichten über das Milchstraßensystem. Da der Aufsatz in seinem Hauptteil nichts enthält, was den Lesern der Naturwissenschaften nicht schon aus den verschiedenen Referaten der letzten Jahre bekannt wäre, seien hier nur aus dem letzten Abschnitt, „incidental results“, einige Bemerkungen herausgegriffen.

1. Aus der Unabhängigkeit der Farben der Sternhaufensterne von der Entfernung folgt, daß die selektive Absorption des Lichtes im interstellaren Raum kleiner als 1 % ist beim Durchlaufen einer Strecke von 1000 Lichtjahren.

2. Das Licht zeigt keinerlei „Alterserscheinungen“, d. h. es erweist sich nach den Tausenden von Jahren, die es unterwegs ist, noch durchaus von denselben Eigenschaften wie das im Laboratorium erzeugte ganz „junge“ Licht.

3. Die Lichtgeschwindigkeit ist innerhalb $1:10^9$ konstant für Teile des Spektrums, die um 20 % in Wellenlänge sich unterscheiden.

4. Die Entwicklung der Sternhaufen erfolgt außerordentlich langsam; 200 000 Jahre spielen noch keine merkliche Rolle. Da *Eddington* für die Entwicklung der Riesensterne starke Veränderungen innerhalb 50 000 Jahren ableitet, wenn nur die Schwerekontraktion berücksichtigt wird, ist der Schluß zu ziehen, daß bei der Sternentwicklung noch große andere Energiequellen zur Verfügung stehen müssen, die wohl im Innern der Atome zu suchen sind.

5. *Eddington* und *Jeans* finden, daß große absolute Leuchtkraft auch stets mit großer Masse verbunden sei. Die Untersuchungen an den Sternhaufen lassen dies Resultat dahin erweitern, daß, je größer die Masse, desto langsamer die Entwicklung sei.

6. Die hellsten Sterne zeigen die stärkste Konzentration nach der Mitte des Haufens zu, wie es sein muß, wenn sie die größeren Massen haben.

7. Das entfernteste Objekt ist NGC 7006 mit 200 000 Lichtjahren und Cepheiden von der 19. scheinbaren Größe.

8. Die neu aufgefundenen kurzperiodischen Cepheiden in der Magellanwolke bestätigen die „period-luminosity“-Kurve und die hohe Leuchtkraft auch dieser typischen Cluster-Variablen.

9. Die Annahme, daß die Spiralnebel koordinierte Milchstraßensysteme seien, läßt sich auf Grund der *Shapleyschen* Vorstellungen nicht halten, und ihr widersprechen vor allem auch *van Maanens* Untersuchungen über die inneren Bewegungen dieser Nebel.

10. Das häufige Auftreten neuer Sterne im Andromedanebel ist vielleicht eine Folge der häufigen Begegnungen dieses rasch bewegten Nebels mit Milchstraßensternen.

11. Das Strahlungsgleichgewicht der Sonne scheint außerordentlich stabil zu sein im Vergleich zu anderen Sternen. Nach *Baileys* Untersuchungen erschienen in jedem der letzten 30 Jahre mindestens 15 neue Sterne, die im Maximum heller als 10. Größe waren. Während aus dieser Zahl hervorgeht, daß im Laufe von etwa 10⁹ Jahren durchschnittlich jeder Stern des Milchstraßensystems mindestens einmal als neuer Stern aufgeleuchtet haben müßte, beweisen die geologischen Verhältnisse der Erde, daß jedenfalls für unsere Sonne in dieser Zeit keine solchen umwälzenden Ereignisse stattgefunden haben.

Unsichtbare Sonnenflecke. Durch die Arbeiten des Mt. Wilson Solar Observatory in den letzten Jahren ist wohl die Natur der Sonnenflecke als magnetischer Wirbelstürme in der Sonnenatmosphäre einwandfrei nachgewiesen. Dabei war aufgefallen, daß weitaus der größte Teil der beobachteten Sonnenflecke (61 % von 1915–1917) paarweise auftraten, mit entgegengesetzten magnetischen Feldern, während ein Teil des Restes zum mindesten eine Tendenz zur Bipolarität erkennen ließ. Es erwuchs die Frage, ob nicht überhaupt alle Flecke bipolar und nur gelegentlich die Komponenten teilweise unsichtbar seien? In einer kurzen Notiz (Proc. N. A. S. 8, 168/70, 1922) berichtet *Hale* über die dahin zielenden Versuche. Die Erhöhung der photographischen Kontraste durch Verwendung ultraviolett Lichtes hatte nicht zum Erfolg geführt, dagegen gelang der Nachweis magnetischer Felder an Stellen der Sonnenoberfläche, an denen kein Fleck oder nur ein unipolarer zu sehen war, mit Hilfe des Zeemaneffektes. Beobachtet wurde die Eisenlinie λ 6173, die in starken Feldern großer Flecke als weites Triplet erscheint. In schwachen Feldern wird sie nur verbreitert, und ihre Zeemanaufspaltung kann nachgewiesen werden durch Auslöschung entweder des roten oder violetten Randes durch ein Nicolsches Prisma und ein $\frac{1}{4}$ λ -Plättchen. Bei der Suche nach unsichtbaren Flecken wurde noch ein $\frac{1}{2}$ λ -Plättchen vorgeschaltet, das durch einen Motor hin und her gedreht wurde und auf diese Weise eine periodische Veränderung der durch Zeemaneffekt beeinflussten Linien hervorrufen mußte. Auf diese Weise gelang es, Felder von einer Intensität bis herab zu 200 Gauß nachzuweisen. Die schönste Stütze fand die Theorie von den unsichtbaren Sonnenflecken dadurch, daß in einer Reihe von Fällen der zuerst auf magnetischem Wege nachgewiesene Fleck nach ein oder zwei Tagen auch optisch in Erscheinung trat. Die hohe Bedeutung der Beobachtungsmethode ist darin zu suchen, daß sie uns die Flecken gewissermaßen bis näher an ihren Ursprung heran zu verfolgen, d. h. das magnetische Störungsfeld, das sie darstellen, über einen größeren Bereich seines Lebens zu beobachten gestattet.

Spektroskopische Parallaxen der A-Sterne. In den bisherigen Verzeichnissen spektroskopischer Parallaxen sind nur vereinzelte A-Sterne enthalten. Der Grund liegt darin, daß einerseits die A-Spektren wegen ihres geringen Linienreichtums und des oft sehr verwaschenen Aussehens der Linien einer quantitativen Festlegung der Typen nach der Methode von *Kohl-schütter-Adams* Schwierigkeiten bereiteten, andererseits auch noch nicht sehr viele zuverlässig auf anderem Wege bestimmte Parallaxen von A-Sternen zur

Verfügung standen, um die notwendigen Eichungskurven aufzustellen. Beider Schwierigkeiten scheint man aber jetzt Herr geworden zu sein, nach einer Mitteilung von *Adams* und *Joy* (Proc. N. A. S. Vol. 8, p. 173/176): *A method of deriving the distance of the A-type stars.* Der Untersuchung sind 109 Sterne von B9 bis F2 zugrunde gelegt, deren Parallaxen drei verschiedenen Quellen entnommen sind:

1. Trigonometrische Parallaxen verschiedener Beobachter;
2. sogen. dynamische Parallaxen aus einer noch nicht publizierten Arbeit *Russels*, berechnet nach

$$\text{der für Doppelsterne gültigen Formel } \pi = \frac{a''}{\sqrt{m P^2}}$$

wo a'' die Halbachse der Bahn, P die Umlaufzeit, m die Summe der Massen beider Komponenten ist, über welche bestimmte hypothetische Annahmen gemacht werden müssen;

3. Parallaxen von Haufensternen aus der Arbeit von *Rasmuson* (siehe Naturw. 1922, Heft 38). Diese liefern die zuverlässigsten Werte.

Die Einordnung der Spektren in die Unterabteilungen B9, A0, A1, . . . nach der Intensität der Linien mußte darauf Rücksicht nehmen, daß bei den frühesten Typen ein Unterschied gemacht werden muß, je nachdem die Linien scharf oder verwaschen sind. Dieser Unterschied verschwindet etwa bei A6. Es ergibt sich der folgende eindeutige Zusammenhang zwischen dem Spektraltypus und der absoluten Helligkeit:

	Anzahl	M	M (A7)
B9	9	+0,83	$2,4 \pm 0,5$
A0	14	1,09	$2,4 \pm 0,5$
A1	12 (4)	0,91 (0,15)	$2,0 \pm 0,7$ ($2,4 \pm 0,2$)
A2	12 (7)	1,59 (0,51)	$2,4 \pm 1,0$ ($2,2 \pm 0,7$)
A3	7 (8)	1,59 (1,18)	$2,2 \pm 0,5$ $2,3 \pm 0,1$
A4/5	11	2,10	$2,6 \pm 0,5$
A6/7	11	2,24	$2,3 \pm 0,7$
A8/9	10	2,58	$2,3 \pm 1,2$
F0/2	4	2,82	$2,3 \pm 0,9$

Die eingeklammerten Werte beziehen sich auf Sterne mit scharfen Linien und bestätigen die auch anderweitig gemachten Feststellungen, daß die Schärfe der Linien ein Kriterium für größere absolute Helligkeit ist.

Reduziert man die aus den Parallaxen abgeleiteten absoluten Helligkeiten der einzelnen Sterne mit Hilfe der aus den Zahlen M der Tabelle gewonnenen Kurven (Abszisse: Spektraltypus; Ordinate: absolute Helligkeit M) auf die Helligkeit des mittleren Typus A7, so erhält man die Zahlen M (A7) der Tabelle mit ihren wahrscheinlichen Fehlern, aus denen die Brauchbarkeit der Methode erhellt, vor allem, wenn man bedenkt, daß der größte Teil der Unsicherheiten noch von den ungenauen Parallaxenwerten herrührt.

Die Methode hat bis jetzt nur noch zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt bei den Sternen mit der sogen. c-Charakteristik (z. B. α Cygni).

Kienle.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 9. (Seite 141—164.)

2. März 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Ist die moderne Pathologie noch Zellulärpathologie? Von *W. Hueck, Leipzig*. S. 141.
Das Behm-Lot. Von *W. Brennecke, Hamburg*. (Mit 3 Abbildungen.) S. 149.

Besprechungen:

Marzell, Heinrich, Unsere Heilpflanzen und ihre Stellung in der Volkskunde. Von *Karl Touton, Wiesbaden*. S. 154.

Botanische Literatur. Von *P. Stark, Freiburg i. Br.* S. 157.

Warburg, Otto, Die Pflanzenwelt. III. Band. Von *W. Wangerin, Danzig-Langfuhr*. S. 158.

Engler, A., Das Pflanzenreich. Heft 81. Von *W. Wangerin, Danzig-Langfuhr*. S. 158.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Das Verhältnis der Eiggröße zur Körpergröße des

Vogels. Von *Ludwig Freund, Prag*. S. 158.

Über die antikatalytische Wirkung der Blausäure. Von *Otto Warburg, Berlin-Dahlem*. S. 159.

Zur Geschichte des optischen Glases. Von *Joseph Bergfried Eßlen, Göttingen*. Von *M. v. Rohr, Jena*. S. 159.

Physikalische Mitteilungen. S. 161—163.

Über einen Zusammenhang zwischen den Spektren des ionisierten Kaliums und des Argons. Die Struktur des LiH. Die Beugung von Röntgenstrahlen in Flüssigkeiten.

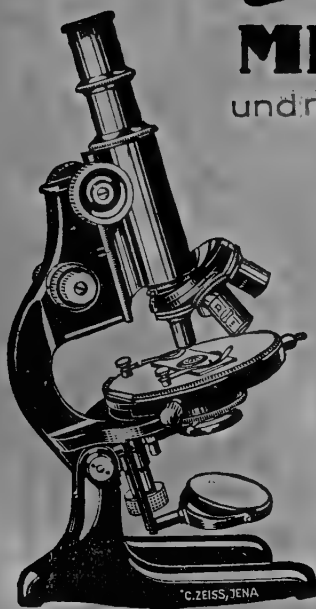
Astronomische Mitteilungen. S. 163—164.

Offene Sternhaufen. Die diffusen Milchstraßennebel.

ZEISS

MIKROSKOPE

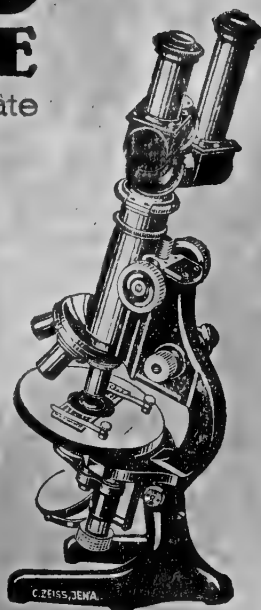
und mikroskopische Hilfsapparate



Lupen
Projektionsapparate
Epidiaskope
Photo-Objektive

usw.

Druckschriften auf
Wunsch kostenfrei



Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“
Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 1200.— M. für März 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 300.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurflirt 9050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin. Depositen-Kasse C.

Postscheck- für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,
Konten für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Hermann Meusser

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57/21, Potsdamer Straße 75
hält die gesamt naturwissenschaftliche Literatur
auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preis-
wert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter
Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

Wichtig für alle Bezieher der „Naturwissenschaften“

Der Bezugspreis für die „Naturwissenschaften“ für das Inland beträgt

M. 1200.— für März 1923

zuzüglich M. 240.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, oder M. 1,50 Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter. (Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.)

Auslandspreise für das I. Quartal 1923 bei portofreier Zustellung: Argentinien 2,50 Pap.-Pes. Belgien 18 Fr. — Brasilien 7,20 Milr. — Bulgarien 137 Leva — Chile 9 Pes. — Dänemark 6,50 Kr. Finnland 36 M. — Frankreich 18 Frs. — Griechenland 18 frz. Frs. — Großbritannien 6 sh. — Holland 3,60 Fl. — Italien 22 Lire. — Japan 6 sh. — Jugoslawien 101 Dinar. — Luxemburg 18 Fr. — Mexiko 1,50 amer. Doll. — Norwegen 7,20 Kr. — Portugal 29 Escudo. — Rumänien 180 Lei. — Schweden 5 Kr. Schweiz 7,20 Fr. — Spanien 7,20 Pes. — Tschechoslowakei 32,50 Kr. — Ver. Staaten 1,50 Doll.

Bestellungs- und Zahlungsweise:

1. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher durch den Buchhandel bezogen haben, wollen sich wegen des weiteren Bezugs und der Bezahlung an ihre Buchhandlung wenden.
2. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher direkt vom Verlag unter Streifband zugesandt erhielten, werden gebeten, den Betrag von M. 1200.— zuzüglich M. 240.— für Porto sofort auf Postscheckkonto Julius Springer, Berlin 20120, unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ März 1923 einzuzahlen.
3. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher direkt beim Verlag bestellten und von diesem durch das Postzeitungsamt überwiesen erhielten, wollen den Bezugspreis für März 1923 M. 1200.— zuzüglich M. 2.— für Bestellgebühren umgehend unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ März 1923 auf Postscheckkonto Julius Springer, Berlin 20120 einzahlen.
4. Bezieher, die die „Naturwissenschaften“ bisher auf ihrem Postamt bestellten, tun gut, die Bestellung sofort bei ihrem Postamt bzw. Briefträger zu erneuern, damit keine Unterbrechung in der Lieferung eintritt. Die Zahlung für das Abonnement ist bei dieser Bezugsart an das Postamt zu leisten.

Der hohen Postgebühren wegen kann Rechnungszusendung in Zukunft nicht mehr erfolgen, diese Aufforderung ist vielmehr als Rechnung zu betrachten. Im Interesse der pünktlichen Lieferung der „Naturwissenschaften“ ist sofortige Bezahlung des Bezugspreises unter ausdrücklicher Angabe „Naturwissenschaften“ März 1923 unbedingt notwendig. Für etwa notwendig werdende Mahnungen müssen Rechnungsspesen in Anrechnung gebracht werden.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Ist die moderne Pathologie noch Zellulärpathologie?

Von W. Hueck, Leipzig.

Das Heft dieser Zeitschrift (Nr. 41), das im Oktober 1921 der Erinnerung an den verstorbenen Meister der pathologischen Anatomie, *Rudolf Virchow*, geweiht war und zugleich einen Geburtstagsgruß dem lebenden Führer dieses Faches, *Felix Marchand*, darbringen sollte, trug den Titel „Die Pathologie als biologische Wissenschaft“. Mit Recht glaubten die Herausgeber durch diese kurze Formel das Unsterbliche des Lebenswerkes der beiden Forscher aufzeigen zu können. Denn solange die Erforschung der Krankheiten in naturwissenschaftlichem Geiste vorgenommen werden wird, können ihre Ergebnisse seit *Virchow* nicht gut anders als ein Teil der allgemeinen Biologie bezeichnet werden. *Virchow* hat uns gelehrt, daß Krankheit nur „Leben unter abnormen Bedingungen“ ist, d. h. die normalen und die krankhaften Lebensvorgänge unterscheiden sich nicht etwa dadurch, daß bei letzteren etwas ganz Neues, Fremdartiges von außen oder innen her den krank zu machenden Organismus befällt, sondern die normalen Lebensvorgänge werden dadurch zu krankhaften, daß sie am ungehörigen Ort, zu ungehöriger Zeit oder in unrichtigem Maße — und dadurch mit dem Charakter der Gefahr für den Fortbestand des Lebens — sich abspielen. Krankes Leben ist also *nicht wesenverschieden* vom gesunden.

Wenn es *Virchows* wissenschaftliche Großtat war, diesem Gedanken zum unbestrittenen Siege verhelfen zu haben, so war das Instrument, die Methode, deren er sich vor allem bediente, die mikroskopische Forschung.

Seit *Morgagni* wird „der anatomische Gedanke“ aus der Medizin nicht mehr verschwinden. Was durch ihn *Virchows* Arbeit so ungemein erfolgreich gestaltete, war die Tatsache, daß die optische und färberische Technik seiner Zeit *Virchow* in glücklichster Weise die Mittel an die Hand gab, bis zu den kleinsten mikroskopischen Bausteinen des Lebendigen, den Zellen, zu gelangen. (Diese Darstellung, die den bedeutenden Mann nur als Mittelpunkt günstiger, technischer Zeitumstände zu schildern scheint, ist weit entfernt, seine Verdienste zu verkleinern. Dies soll Mißverständnissen gegenüber ausdrücklich betont werden.) Jedem Gebildeten ist es geläufig, *Virchows* Lehre in das Schlagwort „Zellulärpathologie“ zusammenzufassen. In 20 Vorlesungen, die er unter diesem Titel im Frühjahr 1858 in Berlin in einem Kreise von praktischen Ärzten hielt, legte er diesen dar, wie die Zellulärtheorie

des lebendigen Organismus auch die Grundlage aller Krankheitserkenntnis bilde: Unser Organismus setzt sich zusammen aus Zellen und festen oder flüssigen, zwischen diesen Zellen gelegenen Substanzen. Lebendig sind nur die Zellen. Wo zwischen ihnen noch andere, sogen. Zwischen-substanzen liegen, kann man diese aufteilen in „Zellterritorien“, d. h. man kann bestimmte Teile dieser Zwischensubstanz jeweils einer Zelle als Lebensmittelpunkt zuweisen. Wirkliches selbständiges Leben kommt nur den Zellen zu, sie sind also die letzten Bausteine des Organismus. Dieser ist ein Zellenstaat, eine Summe von Lebenseinheiten, „eine Einrichtung sozialer Art, wo eine Masse von einzelnen Existenzen aufeinander angewiesen ist, aber so, daß jedes Element für sich eine besondere Tätigkeit hat, und daß jedes, wenn es auch zur Anregung zu seiner Tätigkeit von anderen Teilen her empfängt, doch die eigentliche Leistung von sich ausgehen läßt“. Ist die Zelle Trägerin des Lebens, so ist sie auch Trägerin der Krankheit. In der Zellerkrankung liegt das Wesen der Krankheit: Alle Pathologie ist Zellulärpathologie.

Stützten sich diese Gedankengänge auch vielfach auf das Resultat der Untersuchungen anderer, mit der mikroskopischen Methodik arbeitender Forscher zu *Virchows* Zeit, so war doch sein eigener Anteil an der Aufklärung des zellulären Aufbaues des Organismus nicht gering: Er zeigte, daß auch die Binde- und Stützsubstanzen (leimgebendes Bindegewebe, Knorpel, Knochen usw.) Zellen enthalten, und daß vor allem die Zellen nicht in einer formlosen Flüssigkeit erzeugt werden (Urzeugung), sondern in unendlicher Generationsfolge stets nur von Zellen abstammen (*omnis cellula e cellula*).

Aber dadurch, daß er die Bedeutung der Zelle für das krankhafte Geschehen dem ärztlichen Denken seiner Zeit einprägen konnte, hat er wesentlich dazu beigetragen, die Zellenlehre zur Herrschaft in der Biologie zu bringen. Und vor allem: Er faßte die gesamte Pathologie zu einem einheitlichen System zusammen. Gegründet auf klare, von jedem Arzt nachprüfbare, naturwissenschaftliche Methodik, war dieses System beschlossen in der Zellenlehre.

Die Frage, ob alle Krankheitserkenntnis auch heute noch in der Zellulärpathologie beschlossen liegt, läßt sich daher nur durch die Vorfrage beantworten, ob auch in der modernen Biologie die Zellulärtheorie allen Beobachtungen Genüge leistet. Wenn wir diese Vorfrage verneinen und feststellen, daß in der Biologie unserer Tage Stro-

mungen zu erkennen sind, die auch von der Pathologie naturgemäß eine andere Einstellung fordern, so bedeutet das gewiß keine schulmeisterliche Herabsetzung der Leistung eines *Virchow*. Wer dessen Arbeiten liest, wird sofort merken, wie wenig sich der Reichtum seiner Gedanken im Grunde genommen durch das System der Zellulärpathologie erschöpfen läßt. Hier mußte *Virchow*, wie jeder Förderer neuer Ideen, einseitiger und enger erscheinen, als er tatsächlich dachte, und noch viel mehr war dieses zunächst das Schicksal seiner Jünger, die seine Theorie ausbauen halfen. Aber es finden sich bei *Virchow* sehr wohl auch die Gedanken, die heute wieder mehr zur Geltung kommen¹⁾, nur daß sie für ihn nicht so im Vordergrund des Lehrgebäudes standen.

Die Anschauungen in der modernen Biologie, die mit der alleinigen Geltung der Zelltheorie nicht mehr vereinbar erscheinen, sind kurz zusammengefaßt etwa die nachfolgenden.

Die Zelltheorie besagt: Der Organismus entwickelt sich aus einer befruchteten Eizelle, die sich zunächst in mehrere abgegrenzte, gleichwertige Teilprodukte zerlegt (Furchungskugeln), aus deren weiterer Aufteilung und spezifischer Ausgestaltung dann die übrigen Zellen hervorgehen. Die zwischen den Zellen gelegenen Substanzen, wie Fasern, Membranen usw., sind entweder Abscheidungsprodukte der Zellen oder bilden sich doch wenigstens unter dem Einfluß der Zellen in der zwischen ihnen gelegenen „Grundsubstanz“.

Definieren wir aber die Zelle sprachlich sinngemäß als eine nach außen scharf begrenzte, bestimmte Menge von kernhaltigem Protoplasma, so läßt sich zunächst zeigen, daß in diesem Sinne der fertige Organismus nur zu einem sehr kleinen Teil aus Zellen besteht, denn es ist klar, daß nur die frei in der Blut-, Lymph- oder Gewebsflüssigkeit suspendierten Elemente oder die in den Gewebsspalten sich fortbewegenden Gebilde diesen Namen verdienen. Aber alle jene „Zellen“, die die Deck- und Hüllschichten des Körpers, die drüsigen Organe aufbauen, liegen nicht mosaikartig, wie scharf abgrenzbare Bausteine nebeneinander, sondern sind durch feine Protoplasmafortsätze (sog. Interzellularbrücken) miteinander verbunden. Auch in den Binde-substanzen läßt sich ein unmittelbarer Zusammenhang der „Zellen“ — sei es protoplasmatisch untereinander, sei es mit der zwischenzelligen Grundsubstanz — nachweisen. Die Tatsache der Protoplasmanastomosen mancher Bindegewebszellen war schon von den ersten Untersuchern, vor allem von *Virchow* selbst, richtig beobachtet und abgebildet worden; von *Virchow* wird auch die Möglichkeit eines Zusammenhangs von Epithel- und Bindegewebszellen für die Darmschleimhaut erörtert,

allerdings sollte dieser durch „feinste Kanäle“ vermittelt werden. (Diese werden später als „Saftspaltensystem“ diskutiert.) Man sieht jedenfalls, daß nicht alle Beobachtungen neu sind, auf die man sich in diesen Fragen zu berufen hat, aber man ist zu einer anderen Art der Betrachtungsweise gelangt, zu einer neuen „Theorie“. Dies zugegeben, wird man auch für die alte Zellenlehre zu betonen haben, daß sie letzten Endes eine „Theorie“ und nicht, wie viele meinen, eine beobachtete Tatsache ist.

Zwar läßt sich zeigen, daß jeder Organismus seinen Ursprung aus einer einzigen Zelle nimmt, und zwar dadurch, daß sich die eine befruchtete Eizelle in eine große Zahl von Zellen zerlegt — aber diese Teilprodukte sind ganz und gar keine gleichwertigen Bausteine. Ja, es hat sich sogar zeigen lassen, daß in einzelnen Fällen schon die ersten Teilprodukte der befruchteten Eizelle untereinander durch Protoplasmafäden verknüpfte Gebilde waren, oder daß die ersten Furchungskugeln gar keine scharf abgrenzbaren „Kugeln“ zu sein brauchten, sondern nur kernhaltige Protoplasma-massen, und doch die Entwicklung weiterging. Im Laufe dieser Entwicklung entstehen gewiß auch „Zellen“ im strengen Wortsinn, aber bezeichnenderweise erst dadurch, daß sich diese Gebilde aus dem Zusammenhang mit dem übrigen Organismus lösen; das weit überwiegende Material bleibt im organischen, d. h. protoplasmatischen oder sonstigen Zusammenhang.

Man kann also die Zelle nicht als das von der Entwicklung angestrebte Organisationsziel bezeichnen, sie ist keineswegs das einzige Strukturprinzip der lebenden Materie, aus dem sich alle anderen als Differenzierungsprodukte ableiten lassen, sondern gerade umgekehrt: Die Zelle ist eines von sehr vielen anderen Differenzierungsprodukten des Organismus, sie ist ein — gar nicht einmal sehr häufiges — Strukturprinzip neben anderen, wie Fibrillen, Membranen, Plastosomen usw. Wir können den Organismus zerlegen in eine Reihe sehr verschiedenartiger und sehr verschiedenwertiger Struktursysteme, die in höchst mannigfaltiger Weise neben- und ineinander geschaltet sind, also z. B.: Organe, Gewebe, Drüsenbäumchen, Fasern, Zellen, Plastosomen, Centrosomen, Kerne usw. Ob es ratsam ist, diese Zerlegung über die Grenze des Sichtbaren hinaus bis zu sog. „Elementarstrukturen“ zu treiben, wie es *Wiesner* und viele andere Biologen wollen, möge dahingestellt bleiben.

Das ist keineswegs die alte Auffassung im neuen Gewande. Es läßt sich vielmehr zeigen, daß zahlreiche Tatsachen, wie der mechanische Zusammenhalt der Gewebe, der Umlauf der Blut- und Gewebsflüssigkeit, die Fortleitung der Erregung usw. viel besser durch sie geklärt werden, als mit den Mitteln der zellulären Auffassung. Hier sei auch die Tatsache erwähnt, daß die der mechanischen Funktion der Gewebe in erster

¹⁾ Den Anteil, den *F. Marchand* hieran nimmt, finden hierfür sich interessierende Leser in der Münch. Med. Wochenschr. 1922, Nr. 37.

Linie dienenden, zwischen den Zellen gelegenen Fasern und Membranen sich um Zellgrenzen gar nicht kümmern, sondern sich kontinuierlich über sie hinweg ausbreiten. Und wie ließe sich das erklären, wenn man annimmt, sie seien Differenzierungs- oder Ausscheidungsprodukte einzelner, locker nebeneinander liegender Zellen? Am eindrucksvollsten tritt seit langem auf histologischem Gebiet *M. Heidenhain* für die hier entwickelte Anschauung ein. Da über seine „Synthesiologie“ in dieser Zeitschrift noch ausführlich berichtet werden soll, möge hier der kurze Hinweis auf seine Arbeiten genügen.

Endlich besagt die Zelltheorie, daß die Zellen in dem Sinne die letzten Elementarbestandteile des Organismus seien, daß nur ihnen selbständiges Leben zukomme; die zwischen den Zellen gelegenen Fasern und sonstigen Grundsubstanzen galten als tot. Diese von *Virchow* anfangs geteilte Auffassung ist ihm selbst später zweifelhaft geworden, und sicher ist, daß zahlreiche Forscher in den Interzellularsubstanzen echte Lebensäußerungen beobachtet haben wollen. Legt man also in der obigen Formel den Nachdruck auf *Leben*, so muß man zum mindesten so vorsichtig sein, zuzugeben, daß es *verschiedene Grade der Lebens-tätigkeit* gibt. Im physiko-chemischen Sinne wird man etwa sagen, daß, da die Labilität eines Kolloidsystems verschieden sein kann, die Kolloide der Interzellularsubstanzen sich dem festen Gelzustande näherten, also stabiler seien, d. h. ihre Lebensäußerungen würden in ihrer äußeren Gestalt sich weniger ausdrücken, als das einem Sol mehr entsprechende Protoplasma einer Drüsenzelle, das den labileren Zustand darstelle, daher seine Lebensäußerungen leicht durch entsprechende Formveränderungen zu erkennen gebe. Betont man andererseits die *Selbstständigkeit* des zellularen Lebens, so ist demgegenüber darauf hinzuweisen, daß auch diese nur innerhalb gewisser Grenzen gilt. Das *Virchowsche* „*Omnis cellula e cellula*“ mußte sehr bald zu einem „*Omnis nucleus e nucleo*“ erweitert werden, und heute postulieren viele Forscher diese Kontinuität auch für die Plastosomen usw. Als selbständiger Elementarorganismus kann eine isolierte Einzelzelle zum mindesten nicht mehr angesprochen werden, wissen wir doch, daß sie im Körper weitgehenden chemischen und nervösen Beeinflussungen und Regulationen unterliegt, durch die sie in einer ganz ausgesprochenen Abhängigkeit vom Ganzen steht. Dieses Ganze ist sowohl die Summe seiner Teile und als solches ein Neben- und Ineinander von einzelnen Strukturteilen — als auch ein Unteilbares, ein Individuum, eine Person.

Der Gang der anatomischen Wissenschaft wird immer so sein, daß sie zunächst den Organismus zergliedert, analysiert. Sie wird den „Leichnam zerstückeln“, dann aber muß sie die toten Teile zum lebendigen Ganzen zusammenfügen, durch Synthese wiederaufbauen. Diesen Weg geht neuerdings in der menschlichen Anato-

mie in vorbildlicher Weise das Lehrbuch von *Braus*. Und *Elze* hat in dieser Zeitschrift mehrfach (s. Nr. 43, 1921 u. 50, 1922) mit Recht betont, daß die Anatomie dieser Richtung darauf bedacht sei, Anatomie des lebenden Körpers zu sein, über die Kenntnis aller Einzelheiten der Leiche hinaus zu einem Gesamtbild des lebenden Menschen zu gelangen. Die pathologische Anatomie hat als Grundlage der klinischen Medizin, die kranke Menschen und nicht Krankheiten zu behandeln hat, dieses Ziel von allem Anfang an mehr vor Augen gehabt, trotzdem hat auch sie, namentlich in der Zellulärpathologie zuerst den rein analytischen Weg gehen müssen. Sie kannte als Naturwissenschaft den Einzelfall nur als Beispiel für ein allgemeines Gesetz. Als Teil des ärztlichen Denkens aber muß sie gerade umgekehrt zeigen, wie dieses allgemeine Gesetz durch eben das Besondere einer erkrankten Person zu etwas ganz Einzigartigem, nie Wiederkehrendem emporgehoben wird. Aus einem speziellen Forschungsgebiet der pathologischen Anatomie ist der schönste Beweis für die Individualität des Organismus hervorgegangen: Die Versuche, Organe oder Gewebsteile von einem Individuum auf das andere zu verpflanzen, haben sehr bald die auffällige Tatsache ergeben, daß die überpflanzten Teile im neuen Wirtsorganismus unter günstigen Bedingungen zwar anheilen, aber nur dann als solche erhalten bleiben, wenn sie vom gleichen Individuum stammen. Von einem anderen Individuum überpflanzt, gehen sie zugrunde, können aber in höchst eigenartiger Weise vom Wirtskörper selbst ersetzt werden. Man glaubte nun anfangs, daß dies vielleicht daran liege, daß die überpflanzten Teile nicht rasch genug den Anschluß an die für sie nötigen Lebens- und Funktionsbedingungen fänden, aber *Borst* und *Enderlen* konnten zeigen, daß selbst wenn man Organe mitsamt den ernährenden Blutgefäßen überpflanzt und sofort in geeigneter Weise mit denen des Wirts verbindet, diese Organe niemals dauernd am Leben bleiben, wenn sie von einem anderen Individuum stammen. Die „biochemische Individualität“ der Organe verträgt eben nicht die Einpflanzung auf einen dem Individuum fremden Boden, sie gehen hier zugrunde.

Die Zusammenfügung einzelner Strukturteile zu einem übergeordneten Struktursystem und wiederum die Zusammenfassung dieser einzelnen Systeme zum Ganzen der Person ist also nicht, wie *Roux* meint, eine bloß mechanische, auf die Gewährung der Daseinsbedingungen der Teile: Nahrung und Reiz sich gründende — sondern sie befähigt dieses Ganze zu Leistungen, die nicht einfach als Summe der Einzelleistungen begriffen werden können. Die Kenntnis der Zellfunktion als solche gibt noch keinen Aufschluß über alle Funktionen des Organismus, und die Handlungen einer Person bestehen nur zu einem Teil aus der Summe der einzelnen Organfunktionen, zu einem anderen Teil sind es „Gemeinschafts-

handlungen“ des zu einer übergeordneten Gemeinschaft zusammengeführten Systems. (Der Vergleich mit einer Melodie und den sie zusammensetzenden Tönen oder der mit einer Armee und den sie bildenden Soldaten wird vielfach angewandt, um dies zu verdeutlichen.)

Durch diese Betrachtungen wird die Grenze aller zellularen Anschauungen deutlich bestimmt. Die Frage ist nicht: Ist die zelluläre Strukturtheorie des Organismus noch heute gültig? — sondern: Vermag sie das Ganze des Organismus strukturell und funktionell befriedigend zu deuten? Verneinen wir letzteres, weil sie diese Aufgabe nur zu einem Teil lösen kann, so ist klar, daß neben der zellularen Auffassung auch noch andere, in der Biologie Geltung haben müssen, daß es Beobachtungen gibt, die sich durch die Zellulärtheorie nicht befriedigend erklären lassen.

Es ist gewiß zu einseitig, die Morphologie lediglich als eine Methode der *Physiologie* anzusprechen. Eine Strukturtheorie der lebendigen Masse hat zunächst ihre eigene Berechtigung. Aber für das ärztliche Denken wird immer die Beziehung zwischen Struktur und Funktion das zentrale Problem bilden. Bezeichnend erscheint, daß *Braus* in seinem Lehrbuch z. B. den Teil der Anatomie, der den Knochen-, Bänder- und Muskelapparat beschreibt, als Bewegungsapparat zusammenfaßt. Er beschreibt also nicht, wie *Elze* sagt, das Zusammenliegen, sondern das Zusammenwirken der Teile. In der Physiologie hat bekanntlich vor allem *Verworn* den Versuch gemacht, eine Zellulärphysiologie zu schreiben. Aber es ist im wesentlichen bei einer „Physiologie der Einzelligen“ geblieben, denn bei den vielzelligen Organismen arbeitet die Physiologie wohl mit Geweben und Organen, d. h. also sehr verschiedenartigen Zellsystemen, aber nicht mit einzelnen Zellen. Gewiß läßt sich auch hier eine Physiologie der Zelle anstreben und das Ziel liegt nur wegen der methodischen Schwierigkeiten noch in weiter Ferne. Aber wir wollen doch auch mehr als nur eine Physiologie der Zelle, wir wollen eine Physiologie der lebendigen Materie, und sodann eine Lokalisation der einzelnen Funktionen in den einzelnen Strukturteilen. Dabei braucht man sich um Zellgrenzen nicht zu sorgen. Sehr wohl aber kennt die moderne Physiologie die „Oberflächen“, denn diese sind für die physiko-chemische Aufklärung der Lebensvorgänge ein ungemein wichtiger Begriff geworden. Oberfläche entsteht aber keineswegs nur außen an der Zellgrenze, sondern an jedem kleinsten Teilkörper des Protoplasmas und des Kernes, so daß *Tschermak* mit Recht vom physiologischen Standpunkt aus sagt: „Die Zergliederung des Ganzen strebe nicht zu möglichst viel Zellen, sondern zu möglichst viel Fläche.“ Macht also weder die strukturelle noch die funktionelle Aufteilung des lebendigen Organismus allein bei der Zelle Halt, so muß auch die syn-

thetische Theorie, nicht allein bekümmert um die Zelle, strukturell und funktionell bis zum Ganzen fortschreiten.

Dabei wollen wir die für den Arzt so wichtige Tatsache, daß das Ganze des menschlichen Organismus nicht nur aus materiellen Strukturssystemen, sondern auch aus seelischen Funktionen besteht, der Einfachheit der Betrachtung zuliebe ganz außer acht lassen. Es genüge an dieser Stelle zu betonen, daß die hier entwickelte Anschauungsweise verlangt, die in den einzelnen Teilsystemen beobachteten Vorgänge auf das Ganze des Organismus zu beziehen, sie von dieser Ganzheit aus zu werten. Anders ausgedrückt: teleologisch zu urteilen.

Solchen Urteilen wird nun merkwürdigerweise von einigen Forschern die Berechtigung abgesprochen, und zwar mit der Begründung, daß teleologische Urteile Sache der Naturphilosophie wären und nicht in die reine Naturwissenschaft gehörten. Da man heutzutage in vielen biologischen Abhandlungen mit Eifer philosophische Probleme erörtert findet, so sei es hier gestattet, auf diese für die Pathologie so ungemein wichtige Frage kurz einzugehen.

Die Problemstellung ist so: Es stehen sich zwei Auffassungen extrem gegenüber, zwischen denen natürlich alle Übergänge vertreten werden. Die beiden Extreme lauten:

1. Die Pathologie ist ein Teil der reinen Naturwissenschaft und hat als solche nur Vorgänge zu beschreiben und die zwischen ihnen bestehenden Relationen aufzudecken²⁾.

2. Die Pathologie ist die Grundlage für die Behandlung des kranken Menschen, d. h. eines Individuums, einer einmaligen, unteilbaren Person. Sie hat daher die an dieser zu beobachtenden krankhaften Vorgänge in Beziehung zum Ganzen der Person zu setzen, zu werten vom Gesichtspunkt der Erhaltung des bedrohten Organismus aus, also teleologisch zu urteilen.

Es ist nun zweifellos ein Trugschluß, wenn die Vertreter der ersten Auffassung für sich den allein reinen, naturwissenschaftlich exakten Standpunkt in Anspruch nehmen und den Gegnern eine sehr gefährliche Verquickung mit naturphilosophischem Denken vorwerfen. Es läßt sich doch leicht zeigen, daß auch der erste Standpunkt bereits eine Verquickung von Beobachtung und logischer Verwertung ist, daß ohne gedankliche Operationen auch eine „reine und exakte“ Naturwissenschaft unmöglich ist, daß es also ganz willkürlich ist, das relativistische (womöglich auch noch das kausale!) Denken für die reine Naturwissenschaft in Anspruch zu nehmen, das teleologische dagegen der Philosophie zuzuweisen.

Der Fehler wird durch die folgenden Überlegungen klarer werden: Man muß zunächst

²⁾ In klarster Form finden sich diese Gedanken entwickelt bei *Ricker*, „Grundlinien einer Logik der Physiologie“ 1912 und „Entwurf einer Relationspathologie“ 1905, Stuttgart, Enke.

scharf trennen zwischen teleologischem Urteil und teleologischer Erklärung. Bezeichnet man einen Vorgang als zweckmäßig, so tut man zunächst nichts, als daß man ihn in Beziehung setzt zu dem Ganzen, an dessen Teil er sich abspielt. Man stellt damit einfach eine Tatsache fest, und zwar die „der Übereinstimmung von Aufgabe und Bau“³⁾, tut also zum mindesten Ähnliches, als wenn man von einem Gegenstand aussagt, er sei fest, löslich oder dergl., was bekanntlich auch schon logisches Urteil (nämlich über die Beziehungen eines Körpers zu einem anderen) und nicht reine Beobachtung ist. Ganz etwas anderes ist die Frage, ob diese Zweckmäßigkeit den Vorgang „erklärt“, oder, was etwa der Grund für diese Zweckmäßigkeit sei. Aufgabe der Pathologie ist auch für die Vertreter der oben gekennzeichneten zweiten Auffassung zunächst nur das teleologische Urteil.

Ohne Urteil kommen aber auch die Vertreter des anderen Extremis nicht aus. Denn bekanntlich ist es das Wesen jeder Wissenschaft, zu urteilen. Ein bloßes Sammeln von Beobachtungen ist keine Naturwissenschaft, und die Vertreter des ersten Standpunktes behaupten auch nicht, daß die reine Naturwissenschaft ohne logische Verwertung der Beobachtungen auskomme. Aber dann müssen sie ja auch werten und urteilen. Das kausale Urteil, das angeblich noch frei von Naturphilosophie sein soll und ganz für die exakte Naturwissenschaft reserviert wird, ist ja genau so gut wie das teleologische eine Wertung: unter all den unzähligen wirkenden und bewirkten Vorgängen, die bei einem biologischen Geschehen eine Rolle spielen, greift man — aus irgendwelchen praktischen oder sonstigen Gründen — einen einzigen heraus und nennt ihn in diesem Falle „die Ursache“, obwohl doch rein naturwissenschaftlich jeder andere bewirkende Vorgang genau so gut mit dem bewirkten verknüpft ist. Daher die Forderung einer Reihe von Forschern (z. B. Verworn, Hansemann), auch das kausale Denken, also das Werten, zu verbannen und als Naturforscher nur noch konditional zu urteilen. Rottet der Puritanismus in seinem Eifer gegen die „Philosophie“ nun auch das Urteil noch aus, so ist es überhaupt mit der Wissenschaft vorbei.

Man sieht: die Grenzziehung zwischen Naturwissenschaft und Philosophie ist ganz verkehrt angelegt: jede Wissenschaft enthält logische Arbeit, die eine philosophische Angelegenheit ist, und eine Verquickung von Beobachtung und Denken ist ganz unvermeidlich. Macht man sich das klar, so ist gar kein Grund, weshalb teleologisches Urteilen „gefährlicher“ sein soll als kausales.

Die Sache liegt vielmehr so, daß (aus Gründen, die hier nicht zur Erörterung stehen) es als allgemein anerkannte Aufgabe der Naturwissen-

schaft bezeichnet werden muß, die beobachteten Vorgänge in begrifflich sparsamster und einfachster Weise nachzubilden, sie so lange zu zergliedern, bis sie auf bereits bekannte, regelmäßige Verknüpfungen zurückgeführt, d. h. in kausale Abhängigkeit gebracht worden sind. Aber für die Pathologie besteht, genau wie für die Biologie im allgemeinen, die Schwierigkeit darin, daß wir diese kausale Aufklärung für sehr viele Vorgänge noch nicht haben. Wir müssen uns dann mit der Wertung dieser Vorgänge begnügen und daraus den Anreiz zur weiteren Arbeit entnehmen. Freilich müssen wir uns hüten, logisch ungeschulten Menschen die Wertung für eine Erklärung auszugeben, zwei Gebiete also zu vermischen. Aber diese Gefahr läßt sich bei klarer Erkenntnis vermeiden. Ein Beweis dafür ist, daß auch Naturforscher, die auf dem eben skizzierten „denkökonomischen“ Standpunkt Machs stehen⁴⁾, ruhig mit teleologischen Urteilen neben den kausalen arbeiten.

Läßt sich also die Grenze zwischen Naturwissenschaft und Philosophie nicht in willkürlicher Weise zwischen Kausalität und Teleologie ziehen, so folgt daraus, daß jeder Naturforscher neben seinen physischen auch psychische Forschungsmittel nötig hat, und daß er gezwungen ist, die Untersuchung seiner logischen Denkopoperationen (die wir als reine philosophische Angelegenheit bezeichnen) für ebenso notwendig anzusehen wie die seiner Instrumente usw. Überläßt er jene, — aus irgendwelchen Gründen — den philosophischen Fachleuten, so ist er zum mindesten gezwungen, sich mit den Hauptergebnissen ihrer Arbeit vertraut zu machen und zu ihnen Stellung zu nehmen.

Würde dieser Punkt allgemein anerkannt, so wäre die wohltätige Folge, daß (wie Driesch zum Schluß der zweiten Auflage seiner „Phil. d. Organischen“ mit Recht sagt) sich alle Wissenschaften wieder mehr ihrer Einheit bewußt würden, daß nicht jede ihre eigene „Wahrheit“ oder eigenen „Standpunkt“ hat, sondern daß sie alle nur verschiedene Teile desselben Ganzen bearbeiten, nämlich die Ganzheit des menschlichen Wissens. Zu ihr führen wohl verschiedene Wege, aber nicht verschiedene Wahrheiten.

Es folgt ferner aus den obigen Ausführungen, daß zwar eine Erörterung über die Beobachtungen und ihre gedankliche Verknüpfung in die Naturwissenschaft gehört, nicht aber darüber, wie die bis heute noch nicht erklärbaren Vorgänge (und zu denen gehören alle teleologisch bewerteten) einer solchen Verknüpfung zugeführt werden können. Also der Streit, ob sich die zunächst teleologisch bewerteten Vorgänge einmal rein kausal auf bekannte chemische oder physikalische Vorgänge werden zurückführen lassen oder nicht — ob man materialistisch, vitalistisch oder sonstwie philosophisch eingestellt ist, ist nicht

³⁾ S. H. Braus, Vhdlg. d. Naturhist. med. Ver. Heidelberg XIV, 2, 1920.

⁴⁾ S. z. B. Winterstein in Anatom. Heften Bd. 57.

Angelegenheit der Naturwissenschaft. Und zwar deshalb, weil es für diese zunächst völlig gleichgültig ist, wie sich der einzelne Forscher philosophisch entscheidet. Wichtig ist für sie einzig und allein, ob die Entscheidung zu fruchtbarer naturwissenschaftlicher Arbeit anreizt oder nicht. Und Tatsache ist, daß sowohl materialistisch wie vitalistisch eingestellte Forscher die Naturwissenschaft gefördert haben.

Wenn also die moderne Biologie durch die Zellulärtheorie immer nur einen Teil ihrer Aufgaben als lösbar betrachtet, so wird auch die allgemeine Krankheitslehre heutigen Tages von der Zellulärpathologie nur zu einem Teil erschöpft werden können. Das läßt sich zunächst an dem Gedankengang aufweisen, den *Virchow* selbst in seinen oben erwähnten Vorlesungen über Zellulärpathologie gegangen ist.

Nachdem *Virchow* die Bedeutung des zellulären Aufbaues für Struktur und Funktion des normalen Organismus geschildert hat, geht er dazu über, die beiden grundlegenden pathologischen Vorgänge, auf die man einen großen Teil des krankhaften Geschehens zurückführen kann (die sogen. „regressiven“ und „progressiven“ Prozesse), auf die verschiedenen Zellen zu beziehen und deren Veränderungen in Gestalt und Tätigkeit dabei festzustellen. Ist es das Zeichen normalen Lebens der Zelle, durch funktionelle, nutritive oder formative Reize in Erregung zu geraten, so bestehen die krankhaften Vorgänge darin, daß rein passiv die Zellen Störungen ihrer Struktur und Funktion erleiden, die unter Umständen bis zum Untergang der Zelle führen können — dies sind die „regressiven“ Prozesse der allgemeinen Pathologie (Atrophie, Degeneration, Nekrobiose und Nekrose) —, oder daß umgekehrt durch bestimmte Reize die Aktivität der Zelle erhöht wird, ein Vorgang, den *Virchow* unter Umständen Entzündung nannte und der bis zur Neubildung von Zellen sich steigern kann.

Es ist aus dem früher Gesagten einleuchtend, daß *Virchow* für alle diese Prozesse die Zellen in erster Linie als Trägerinnen der Veränderungen verantwortlich machte. So beschrieb er die Ablagerung von Fett, Kalk, amyloider Substanz in ihnen, die bis zum Untergang der zelligen Elemente sich steigern kann. Daß auch die Zwischensubstanzen ein ähnliches Schicksal erleiden können, wird zwar beiläufig erwähnt, immer aber ist die Degeneration des zelligen Elementes das Primäre und allein Maßgebende.

Je mehr man aber die Bedeutung der nicht zellulären Zwischensubstanz für die Funktion der Gewebe erkannte, um so mehr mußte auch ihre selbständige Erkrankungsmöglichkeit betont werden, so hat sich z. B. bald herausgestellt, daß sich der Vorgang der amyloiden Degeneration, d. h. die Ablagerung eines eiweißartigen Körpers in den inneren Organen bei chronischen Zehrkrankheiten, wie Syphilis, Tuberkulose, bösartige Ge-

schwülste, zunächst fast ausschließlich in den Grundsubstanzen abspielt. Die funktionelle Bedeutung dieser Grundsubstanzen besteht, kurz gesagt, darin, daß sie für die in ihnen liegenden Fasern oder Membranen bei den Bewegungen des Gewebes (z. B. den dauernden pulsatorischen Bewegungen der Blutgefäße) eine Art Gleit- oder Schmiermittel darstellen, oder z. B. bei Knorpel und Knochen eine Kittsubstanz bilden, die durch Aufnahme bestimmter Eiweißkörper und Kalksalze, die in ihnen liegenden Fasern umhüllt, sie zu einer festen Masse verkittet und für unser Auge maskiert. Der Terminus „Gleitmittel“ oder „Kittsubstanz“ soll nur die für die mechanische Funktion dieser Substanz bedeutungsvolle Leistung bezeichnen, erschöpft aber in keiner Weise jede dieser Materie zustehende Aufgabe.

Der Vorgang der amyloiden Entartung läßt sich vielleicht kurz als eine gelartige Umwandlung der Grundsubstanz bestimmter Gewebe (Gefäßwand und Grundhäute gewisser Drüsen) bezeichnen. Diese Umwandlung ist meist ein irreversibler Prozeß und hat schwere Störungen der Organfunktionen zur Folge. Auch die sonstigen Entartungen, wie Verfettung, Verkalkung usw., spielen sich vielfach direkt in den Grundsubstanzen ab, ohne daß die Zellen selbst von ihnen betroffen zu sein brauchen, und manche Krankheiten, wie die Arteriosklerose, Arthritis deformans und andere, erscheinen uns heute in ihren ersten Anfängen gerade durch solche Erkrankungen der Grundsubstanzen bedingt.

Hält man mit der früher herrschenden Auffassung diese Grundsubstanzen im wesentlichen für tote Zellprodukte, so wird man die erwähnten Vorgänge an ihnen rein passiv ablaufen lassen. Sie können sie wohl „erleiden“, aber nicht „überwinden“. Es lassen sich aber Beobachtungen beibringen, die dafür sprechen, daß die erwähnten Veränderungen auch an den Grundsubstanzen heilbar sind, also von diesen Substanzen aktiv rückgebildet werden können.

Es gibt demnach selbständige, *zellunabhängige* Erkrankungen der Grundsubstanz; die Pathologie kann in der analytischen Zergliederung nicht bei der „Zelle“ stehen bleiben, sondern stellt krankhafte Vorgänge an extra- und intrazellulären Gebilden (z. B. auch an den Kernen, Plastosomen usw.) fest, die nichts mit Zellgrenzen zu tun haben.

Andererseits zeigt sich, daß sehr viele krankhafte Vorgänge, die man gemeinhin auch heute noch als „zelluläre“ betrachten kann, doch nicht der strengen Fassung des Zellbegriffs entsprechen, sondern sich lediglich auf höhere Teilsysteme beziehen, etwa auf die Gesamtheit von Kern, Protoplasma, Grundsubstanz und Membran, also abwegige „Gemeinschaftshandlungen“ bestimmter Systeme darstellen. So verstand *Virchow* unter Entzündung ebenfalls einen Prozeß, der sich an den Zellen abspielte. Diese sollten durch bestimmte Reize eine größere Nahrungsmenge in sich aufsaugen, sich vergrößern und sich dann

eventuell durch Teilung vermehren. Nachdem in der Folgezeit bei diesem Vorgang mehr und mehr das Schwergewicht wieder in eine eigentümliche Störung der Blutzirkulation gelegt worden ist, nachdem insbesondere durch *Cohnheim* u. a. gezeigt war, daß ein Teil der entzündlichen Schwellung neben dem Austritt flüssiger Blutbestandteile auf dem Auswandern von Blutzellen aus der Gefäßbahn beruht, konnte naturgemäß die Zellveränderung nicht mehr als der allein wichtige Vorgang angesprochen werden.

Der Aufsatz von *Löhlein* in der erwähnten Nr. 41 des Jahrgangs 1921 dieser Zeitschrift läßt die Schwierigkeiten erkennen, die sich auch heute noch einer einheitlichen Auffassung dieser verwickelten Erscheinung, die wir Entzündung nennen, entgegenstellen. Wenn aber von vielen Forschern der Nachdruck darauf gelegt wird, daß es eigentümliche Störungen im Blutumlauf sind, die den Prozeß beherrschen, oder daß ein Nebeneinander von Gewebsschädigung, Zirkulationsstörung und Gewebswucherung vorliege, so ergibt sich, daß auch hier Störungen in den Vordergrund gestellt werden, die entweder den Zusammenhang oder die Gemeinschaftshandlung von Blutgefäßen, Nerven und spezifischem Organewebe betreffen, oder doch zum mindesten Veränderungen darstellen, die, wie die Durchlässigkeit der Gefäßwand, nicht allein vom zellularen Aufbau der Gefäße verstanden werden können.

Endlich die Gewebswucherungen und deren eindrucksvollste Repräsentanten: die Geschwülste. *Borst* hat an der gleichen Stelle dieser Zeitschrift gezeigt, in welch reichem Maße hier die Virchowsche zelluläre Auffassung für die Aufklärung von Struktur und Genese der Geschwülste Früchte getragen hat, und wie weit sie noch zu Recht besteht. Aber andererseits wächst die moderne Pathologie durch Hervorhebung des konstitutionellen Momentes für die Geschwulstanlage und der allgemeinen Einwirkungen des Körpers auf Ausbreitung und Wachstum der Geschwülste über diese Anschauung hinaus. Es kann nicht fraglich sein, daß sich auch hier andere als rein zelluläre Strukturtheorien werden anwenden lassen. Fraglich bleibt, wie weit sie für die ursächliche Erklärung der Geschwulstentstehung — das für den Arzt brennendste Problem dieses Gebietes — Bedeutungsvolles leisten werden. Im Augenblick wird die Forschung von den wichtigen Fortschritten beherrscht, die durch *Fiebiger*, *Yamagita* und *Ishikawa* u. a. bedingt sind. Diesen Autoren ist es gelungen, mit chemischen Stoffen (Würmer, Teerprodukte) bei Tieren künstlich Krebsgeschwülste zu erzeugen. Eine naheliegende Deutung erblickt hierin den Beweis für die Richtigkeit der Virchowschen Anschauung, daß bestimmte formative Reize das Zellenwachstum auslösen können.

Aber es besteht für einen Teil der Geschwülste beim Menschen nach wie vor das Problem zu Recht, daß diese von „isolierten Keimen“

ausgehen; umfassender ausgedrückt: von entwicklungsgeschichtlichen Störungen im geweblichen Aufbau. Wie kommen diese zustande? Man läßt bestimmte Zellen im Überschuß gebildet werden, andere sollen abgesprengt werden oder solche, die normal zugrunde zu gehen hätten, sollen abnorm persistieren. Das gemeinsame Resultat dürfte die fehlerhafte Mischung der Gewebe sein oder das Auftreten „illegaler Zellverbindungen“ (*R. Meyer*). Jedenfalls liegt wieder der Nachdruck auf der verkehrten, abnormen Beziehung der Zellen zueinander, weniger auf der abnormen Ausgestaltung der Zellen im einzelnen. Letzten Endes berührt sich das mit dem allgemein wichtigen Problem der Formgestaltung der Gewebe. Was ist hier maßgebend? Wird z. B. die Form einer Oberfläche vom Deckepithel bestimmt oder von dem die Unterlage bildenden Bindegewebe? Viele Forscher halten das Epithel für formbestimmend, doch lassen sich zwingende Beweise nicht führen, sonst wäre die gegenteilige Ansicht nicht ebenso vertreten. Sollte der Widerspruch nicht darin seine Lösung finden können, daß — neben der Anerkennung einer gewissen Unabhängigkeit des Epithels sowohl als des Bindegewebes im Wachstum — für die Ausgestaltung der endgültigen Form doch eine Gemeinschaftsreaktion, ein harmonisches Zusammenwirken beider Gewebe anerkannt wird? Das Eigenartige einer bösartigen Epithelgeschwulst (Krebs) muß gerade in der völligen, autonomen Selbständigkeit, d. h. in der Durchbrechung dieser Gemeinschaft seitens einer einzigen Zellenart gesehen werden.

Diese flüchtigen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß die moderne Krankheitslehre gerade auf den der Zellulärpathologie besonders eigenen Gebieten auch den nicht-zellularen Anschauungen ein Recht einräumen muß. Das alles wird noch deutlicher, wenn man versucht, dem Kern der Zellulärpathologie noch näher zu kommen. Denn das bisher Angeführte bedeutet mehr eine Erweiterung dieser Theorie als eine Abkehr. Für die Pathologie stellte die Zellulärtheorie aber letzten Endes auch die strenge Lokalisationsforderung einer Krankheit dar. „Ich behaupte, daß kein Arzt ordnungsgemäß über einen krankhaften Vorgang zu denken vermag, wenn er nicht imstande ist, ihm einen Ort im Körper anzuweisen“, sagte *Virchow*. Abgesehen von der Frage, ob es uns wirklich gelingen wird, alle Krankheiten in diesem Sinne anatomisch zu lokalisieren, erscheint uns heute die Krankheitslehre mit dem Suchen nach dem Sitz der Krankheit ganz und gar nicht erschöpft.

Schon zu *Virchows* Zeiten waren es die Entdeckungen auf dem Gebiete der Krankheitsursachen durch die Bakteriologie, die eine starke Erschütterung des reinen Lokalisationsgedankens herbeiführte. Brach sich doch mehr und mehr der Gedanke Bahn, daß das Wesen — zum min-

desten der Infektionskrankheiten — in einem Kampf zwischen krankmachendem Erreger und dem von diesem befallenen Organismus beruhe. Es treten also zwei Energiesysteme miteinander in Reaktion. Es wurde bald klar, daß an dieser Reaktion auf beiden Seiten meist das Ganze beteiligt ist und nicht bloß ein einzelnes Organ, so sehr sich auch der Kampf auf einem Teilgebiet besonders kräftig und augenfällig abspielen kann. Besonders deutlich wurde, daß an der Reaktion keineswegs nur die zellulär organisierte Substanz, sondern auch die Flüssigkeiten des Körpers teilnehmen, so daß, wenn auch in stark verändertem Gewande, der sog. „Humoralpathologie“ nicht jede Berechtigung abgesprochen werden konnte.

Der Gedanke, die Krankheit als das Resultat zweier miteinander in Reaktion tretender Energiesysteme aufzufassen, läßt sich aber von den Infektionskrankheiten auch auf die Mehrzahl aller Krankheiten übertragen, denn zumeist ist es eine von außen kommende Energie, sei es physikalischer oder chemischer Art: Trauma, Licht, Wärme, chemische Gifte usw., die als exogener Faktor mit dem durch den Organismus als endogener Faktor repräsentierten Energiesystem in Reaktion tritt. Das Produkt dieser Reaktion ist die in vielen Fällen sich unserem Auge darbietende, anatomische Veränderung. Wir können deshalb solche krankhaften Produkte, die sich — rein zellulär analytisch betrachtet, — sehr ähnlich sehen, wie z. B. manche tuberkulöse und syphilitische Knoten, wegen der völligen Verschiedenheit ihres sie exogen bedingenden Energiesystems (den Tuberkelbazillen oder Syphilis-spirochäten) streng trennen, wiederum andere aber, die zellulär pathologisch sehr verschieden sind, wie z. B. eine in Verkäsung übergehende Lungenentzündung und ein Tuberkelknötchen in der Lunge, wegen ihres gemeinsamen exogenen Faktors (beide Male den Tuberkelbazillen) nahe zusammenstellen.

Die Beschaffenheit des durch unseren Körper dargestellten Energiesystems liegt begründet in dem, was wir die Konstitution des Individuums nennen. Der Aufsatz von Lubarsch in dem oben erwähnten Heft dieser Zeitschrift zeigt, was auf diesem Gebiete erreicht ist und welche Fragen hier zur Erörterung stehen. Mit besonderer Eindringlichkeit zeigt auch dieser Aufsatz, daß die Konstitution, d. h. „die Beschaffenheit des Organismus, von der seine besondere Reaktion auf Reize abhängt“, nicht allein durch die zelluläre Analyse der Person erfaßt werden kann.

Wenn Lubarsch (S. 818 unten) meint, „daß es sich bei allen diesen Fragen um zelluläre Probleme handelt“, so ist das vielleicht kein unbedingter Gegensatz zu der hier vertretenen Auffassung. Lubarsch macht nämlich die für den Konstitutions- und Dispositionsbegriff wichtigen Veränderungen der Säfte von den Zellen abhängig; wählt also mit „Zellen“ nur den üblichen

Ausdruck für bestimmte Territorien der organisierten Substanz, zu der aber doch die geformte interzelluläre Substanz ebenso gut wie bestimmte Teilprodukte der Zelle (Kerne usw.) gehören. Alle diese haben sichtlich einen wichtigen Einfluß auf die Veränderung der Säfte. Auch Virchow erkannte völlig klar, daß bei jeder lokalen Krankheit gewisse Beziehungen zum Organismus bestehen, denn „eine vollständige Isolierung, so daß das Ding gleichsam wie auf einer Insel lebte, kommt überhaupt gar nicht vor“, sagte er.

Die Konstitutionslehre ist also im wesentlichen Zusammenhangslehre und enthält für die pathologische Anatomie die Forderung, die Krankheitserforschung nicht mit der analytischen Zergliederung der örtlich sich abspielenden Vorgänge als beendet anzusehen, sondern auch die krankhafte Störung der Relationen, d. h. der Verknüpfung der Teile zum Ganzen zu beachten, wie dies die klinische Medizin ganz naturgemäß stark betonen muß. Vielleicht läßt sich an der Hand von einigen kurzen Erörterungen zeigen, daß auch die pathologische Anatomie eine gewisse Umstellung ihres Denkens hierdurch erfahren muß.

Ein Typhus ist für die streng lokalisatorische Anschauung eine Darmerkrankung. Im unteren Dünndarm sitzen zumeist die nachweisbaren, eindrucksvollen anatomischen Veränderungen. Was sonst in den inneren Organen an krankhaften Veränderungen zu sehen ist (Lymphdrüsen im Gekröse, Leber, Milz usw.), läßt sich zunächst als eine sekundäre Folge, als Ausdruck einer auf dem Lymph- oder Blutweg entstandenen Absiedelung von Typhuserregern vom Darm aus deuten.

Nun hat aber die weitere Forschung gezeigt, daß es mancherlei Vorgänge bei einem Typhus gibt, die sich nicht so leicht von diesem Standpunkt aus erklären lassen. Wir finden nämlich, um nur Wesentliches zu erwähnen, schon in den ersten Tagen der Erkrankung reichlich Erreger im Blut — und wir kennen Fälle, wo diese Erreger im Blut sind und sogar der Tod eintritt, ohne daß irgendwelche anatomische Veränderung im Darm vorhanden ist.

Es muß an dieser Stelle unerörtert bleiben, ob man daraus mit Recht schon den Schluß ziehen kann, daß auch die Darmerkrankung von allem Anfang an der Ausdruck einer vom Blutstrom aus erfolgten Absiedelung der Erreger — der Typhus also schon von allem Anfang an eine Allgemeinerkrankung ist. Für unsere Betrachtung wichtig ist die Tatsache, daß die Krankheit Typhus weder durch die anatomische Darmerkrankung, noch auch durch die Anwesenheit der Erreger allein (denn auch gesunde Menschen können in ihrer Galle Typhuserreger beherbergen und durch den Darmkanal ausscheiden) charakterisiert sein kann, sondern nur dadurch, daß der diese Erreger beherbergende Organismus mit ihnen in Reaktion tritt. Die dabei in Erscheinung tretende Darmveränderung ist die Form, in der diese Reaktion sich in der Regel zunächst

äußert, — es gibt aber auch Fälle, wo diese Reaktion anders abläuft, ja sogar solche, wo der Körper eine sichtbare Reaktion gar nicht aufbringt, sondern rein passiv den Erregern zu erliegen scheint.

Alle diese Vorgänge kann man rein zellular analysieren: das eine Mal sind die Reize, die die Zellen treffen, „entzündlicher“ Art, haben also Wucherungen zur Folge, das andere Mal sind sie so intensiv, daß sie die Zellen rein passiv zugrunde richten. Aber auf der einen Seite darf die Analyse nicht bei der „Zelle“ Halt machen, denn jener Reaktionsvorgang spielt sich an einem bestimmten (bis heute noch nicht klar erkannten) Energiesystem *innerhalb* des Protoplasmas und des Kerns ab, auf der anderen Seite sind aber auch *extrazelluläre* Beziehungen gestört, z. B. wird durch den Infekt wahrscheinlich ein ganzes Teilsystem des Körpers gleichförmig umgestimmt (bei Reaktionen mit sichtbaren Folgen kommt es an vielen Stellen zu eigenartigen Wucherungen des von Lymphe durchströmten Zellnetzes), und es werden an so zahlreichen Organen Funktionsänderungen gesetzt, daß die Tatsache schon jedem ungeübten Beobachter einleuchtet, daß hier der ganze Organismus krank ist. Nimmt man dazu, daß in jedem Fall auf Grund der individuellen Besonderheiten auch die Intensität der Reaktion und ihr zeitlicher Ablauf wechselt, so ergibt sich klar, daß erst in einer Zusammenfassung dieser im einzelnen für uns heute noch unübersichtbaren Momente des Rätsels Lösung liegen kann. Der Fortschritt gegen früher, wo man die Krankheitsdiagnose sehr wesentlich in der Formdiagnose sich erschöpfen ließ, liegt also darin, daß wir eine Leistungsdiagnose anstreben, — also schließlich dasselbe wie in der normalen Anatomie: *nicht das veränderte Zusammenliegen, sondern das veränderte Zusammenwirken!*

Ähnlich wird sich unsere Einstellung wandeln, wenn wir eine ganz andersartige Erkrankung betrachten, z. B. die Arteriosklerose. Das ist bekanntlich eine Erkrankung der Schlagadern von ganz bestimmtem, im einzelnen aber ungemein mannigfachem, anatomischen Charakter. Man könnte meinen, hiermit einen wichtigen Teil des Wesens der Krankheit erschöpft zu haben. Die genauere Analyse ergibt aber, daß der Krankheit Veränderungen zugrunde liegen, die sich regelmäßig im Laufe des Lebens an den Zwischensubstanzen (an jenem oben erwähnten Gleit- oder Schmiermittel für die Fasern und Membranen des Bindegewebes) abspielen und die man mit dem Wort „Abnutzungsvorgänge“ bezeichnet hat. Diesen Abnutzungen entgeht kein alternder Mensch, sie sind auch keineswegs bloß im Schlagadersystem zu beobachten, sondern ganz allgemein an allen Bindesubstanzen des Körpers; u. a. auch am Knorpel und Knochen, wo die „Kittsubstanz“ unter ihnen leidet. Man kann also sagen, daß ganz bestimmte Alterserscheinungen die Grund-

lage dieser Veränderungen sind. Zur Krankheit werden sie nur dadurch, daß sie durch sekundäre Momente, durch ein Übermaß mechanischer Inanspruchnahme, Gifte, Infektionen usw. so gesteigert werden, daß sie zu schnell und dauernd fortschreiten. Die Alterserscheinung, die an den Schlagadern zur Krankheit „Arteriosklerose“ werden kann, kann sich in den Gelenken zur sog. „Arthritis deformans“, in der Lunge zum „Emphysem“ usw. steigern.

Daraus ersieht man, daß in dem Problem dieser Krankheiten zunächst das Altersproblem als solches steckt, das sich so wenig wie das Leben rein zellular wird lösen lassen, sondern das von allen Seiten her, also auch vom Standpunkt der Beziehungen zum Nervensystem, zur inneren Sekretion usw. in Angriff genommen werden muß.

Die in unserem Thema liegende Frage läßt sich also dahin beantworten: *Die moderne Pathologie ist nicht mehr bloße Zellulärpathologie.* Diese ist nicht überwunden, weil sie ebenso wie die ihr zugrunde liegende zelluläre Theorie für die Biologie noch auf lange hinaus fruchtbare Ergebnisse zeitigen wird; und auch der in ihr liegende Lokalisationsgedanke wird noch weiter Geltung haben. Aber sie ist nicht mehr das System der Pathologie, ist nicht mehr das einzige Prinzip, auf das sich alles Krankhafte zurückführen läßt. Zu einem einzigen System wird sich die Pathologie so wenig wie die Biologie zusammenfassen lassen. Das Wesen der Krankheit kann nicht durch eine Theorie *allein* erschöpft, mit einer Methode *allein* geklärt werden, sondern alle Theorien sind berechtigt, die zu fruchtbarer Methodik führen, denn alle haben ein gemeinsames Ziel: das Wesen der Krankheit zu begreifen von der Einheit der erkrankten Person aus.

Das Behm-Lot.

Von W. Brennecke, Hamburg.

Für die Schifffahrt hat von jeher das Bedürfnis bestanden, während der Fahrt in flachen Gewässern Angaben über die unter dem Schiffskiel befindliche Tiefe zu erhalten. Da das Handlot nur bei still liegendem oder langsam fahrendem Schiff zu gebrauchen ist, wandte man auf modernen Dampfern meist die Thomsonsche Lotmethode an. Bei dieser wird eine etwa 60 cm lange, innen mit einem roten Belag von chromsaurem Silber versehene Glasröhre, die an einem Ende verschlossen ist, mittels einer kleinen Lotmaschine vom Heck des Schiffes aus in die Tiefe gelassen und füllt sich hier entsprechend dem Wasserdruck mit Wasser. Beim Aufholen ist dann der rote Belag, soweit das Seewasser in die Röhre eingedrungen ist, weiß gefärbt, da sich Chlorsilber gebildet hat. An einer Skala kann sofort die Wassertiefe abgelesen werden. Der Nachteil der Methode ist, daß sie nur bis zu bestimmten Schiffsgeschwindigkeiten angewandt

werden kann, auch beansprucht eine Lotung längere Zeit und Bedienungspersonal, schließlich können auch bei schlichtem Wetter leicht Störungen eintreten und in kritischen Augenblicken verhängnisvoll werden.

Man ist schon in den Zeiten, als die ersten Versuche zur Messung der großen Tiefen der Ozeane gemacht wurden, auf den Gedanken gekommen, die Tiefen mittels der Schallgeschwindigkeit im Wasser zu messen. So erzählt uns *Milne* in seiner *Geographie des Meeres* (1856), daß man starke Pulverladungen im tiefen Meer explodieren ließ und auf einen Widerhall vom Grunde lauschte, ohne jedoch das Echo zu hören. Im Jahre 1904 veröffentlichte ein norwegischer Ingenieur *Berggraf* eine Vorrichtung zum Messen von Meerestiefen, bei der ein elektromagnetischer Summer Töne nach dem Meeresboden hin entsendet, deren Echo von einem Mikrophon aufgenommen wird; die Zeit zwischen Entsendung und rückkehrendem Schall sollte durch einen Zeitmesser gemessen werden¹⁾. Die Methode ist jedoch nicht erprobt worden, da es nicht möglich erschien, die Zeiten mit einer hinreichenden Genauigkeit zu messen. Versuche, bei denen als Schallquelle die Explosion einer kleinen Pulvermenge unter Wasser diente, wurden 1919 von der französischen Marine ausgeführt²⁾. Als Echoempfänger wurde ein unter Wasser befindliches Mikrophon verwandt, die Zeiten der Entsendung des Schalls und des Empfangs des Echos wurden durch einen Chronographen registriert, auf dem die Ablesungen bis auf $\frac{1}{1500}$ Sekunde genau erfolgen konnten. Die Methode soll sich als brauchbar bei größeren Tiefen erwiesen haben, während sie bei Tiefen unter 50 m versagte, da die Franzosen nicht den Wert der Abschirmung des Schalls durch den Schiffskörper erkannten. Mitteilungen über weitere Versuche von dieser Seite sind nicht bekannt geworden. Es sei noch festgestellt, daß diese Versuche erst mehrere Jahre nach Ausführung der deutschen Versuche, deren Methode schon 1916 durch deutsches Reichspatent geschützt wurde, stattfanden.

Unabhängig von den erwähnten Vorschlägen ist es nun einem deutschen Physiker, *Alexander Behm*, nach jahrelangen Versuchen gelungen, eine Methode der akustischen Tiefenmessung zu erfinden, die zum ersten Mal die Ausführung von Lotungen auf der Flachsee mit einer hinreichenden Genauigkeit ohne Gebrauch des Handlots in einfachster Weise ermöglicht und auch begründete Aussicht bietet, die Messung der großen Meerestiefen in gleicher Weise vorzunehmen³⁾.

Vorversuche.

Ausgehend von dem Problem, Eisberge mit Hilfe reflektierter Schallwellen rechtzeitig auffindig zu machen, ging *A. Behm* im Jahre 1912 zu Versuchen über, die Wassertiefe mittels reflektierter Schallwellen zu messen, indem die Zeit zwischen einem erzeugten Knall und seinem Echo vom Meeresboden unter Benutzung der Schirmwirkung des Schiffskörpers zu ermitteln versucht wurde. Bevor an die Lösung der Aufgabe selbst gegangen werden konnte, galt es zunächst, sich Klarheit über verschiedene Fragen zu verschaffen. Es war unbekannt, mit welcher Stärke der Meeresboden den Schall reflektiert, ferner ob das Echo zeitlich scharf begrenzt sei. Letzteres war eine der fundamental wichtigsten Fragen, da die Schallgeschwindigkeit im Wasser 1440 m/sec beträgt (in Süßwasser bei 4° C) und bei geringen Tiefen eine Genauigkeit der Lotung von $\frac{1}{4}$ m anzustreben war. *Behm* bildete nun ein besonderes Verfahren aus, um die Schallwelle im Wasser zu photographieren; hierzu diente ein elektrischer Funke unter Wasser als Schallquelle, die entstehende Schallwelle wurde durch einen Beleuchtungsfunken abgebildet. Die zwischen Schall- und Beleuchtungsfunken liegenden Zeiten betrugen nur $\frac{1}{30000}$ bzw. $\frac{1}{15000}$ Sekunde, die auf mechanischem Wege geregelt wurden. Es zeigte sich, daß die Sichtbarkeit der kugelförmigen Schallwelle im Wasser eine sehr gute war und sich auch gut photographisch festhalten ließ. Aus den Bildern⁴⁾ ergibt sich, daß die Schallwelle im Wasser denselben Gesetzen folgt wie in der Luft. Der Schall wurde gut von der Wasseroberfläche und von den Glaswänden des Gefäßes reflektiert, die Beugungserscheinungen waren die gleichen wie in der Luft. Eine 10 mm starke Hartgummiplatte ließ den Schall fast ungeschwächt hindurchtreten, an einem dünnen Löschblatt ergab sich ebenso wie an einer 2 mm starken Glasplatte fast totale Reflexion der Schallwellen.

Nach Lösung dieser Fragen galt es, die einwandfreie Messung der Zeitdifferenzen zwischen Schall und Echo durchzuführen. *Behm* konstruierte hierzu zuerst eine besondere Registriervorrichtung, bei der auf einem Film eine Zeitkurve durch eine Stimmgabel mit 1500 Schwingungen in der Sekunde und auf einer 2. Kurve die Markierung der direkten Schallwelle sowie ihres Echos abgebildet wurde (s. Fig. 1). Die Einwirkung des Echos ist kräftig und sehr genau zu bestimmen, die Einwirkung der direkten Schallwirkung ist, nachdem *Behm* das Prinzip der Abschirmung durch Anordnung von Geber und Empfänger auf Back- und Steuerbord eingeführt hatte, so gering, daß der Augenblick der Abgabe des Knalls künstlich markiert werden muß. War die Methode an sich hierdurch gegeben, um

¹⁾ Siehe *Elektrot.* Zeitschr. 1905, Nr. 6.

²⁾ Bull. de l'Institut Océanographique, Monaco 1919, Nr. 358.

³⁾ Siehe *A. Behm*, Das Behm-Echolot, Ann. d. Hydr. usw. 1921, 241, ferner: Über die Weiterentwicklung des Behm-Lotes und das Prinzip des Kurzzeitmessers, ebenda 1922. Das Behm-Lot wird von der Behm-Echolot-Gesellschaft in Kiel hergestellt.

⁴⁾ Eine Reihe von Abbildungen der so erzeugten Schallwellen und ihrer Echos findet sich auf Tafel 10 der Ann. d. Hydr. usw. 1921.

die Ausführung von genauen Lotungen mittels des Echos einer Schallwelle zu ermöglichen, so war die Methode doch noch so auszugestalten, daß sie für die Bedürfnisse der Handelsschiffahrt geeignet war. Hierzu galt es, den photographisch registrierenden Apparat durch ein die Wassertiefe direkt anzeigendes Instrument zu ersetzen, was Behm durch die Konstruktion des Kurzzeitmessers im Jahre 1919 gelang.

Die Behm-Echolot-Methode.

Eine Echolotanlage besteht aus dem Geber, einem Echoempfänger, einem direkten Schallempfänger und Anzeigeapparat, zu Kontrollzwecken dient noch eine besondere Kontrollvorrichtung. Der Geber betätigt ein Knallsignal, dessen vom Meeresgrund zurückgeworfenes Echo vom Empfänger aufgenommen und durch den auf der Brücke befindlichen Anzeigeapparat als Tiefe registriert wird. Die direkte Einwirkung des Knallsignals auf den Echoempfänger hat Behm dadurch vermieden, daß er Geber und Echoempfänger durch den Schiffskörper trennt; der direkte Schallempfänger befindet sich an Backbord, der Echoempfänger an Steuerbord unterhalb der Wasserlinie, so daß der Schiffskörper einen Schallschatten wirft. Die Schallwellen können somit nur um den Schiffskörper herum auf dem Wege der Beugung den

in den Geberkopf geblasen. Die Patrone selbst besteht aus einem kleinen elektrischen Zünder, in dessen Hülse eine Knallkapsel eingeschoben ist, die einen Zeitzünder besitzt. Durch Schließung des elektrischen Stroms (durch Betätigung von Knopf 3 des Anzeigeapparats) wird die Knallkapsel aus dem röhrenförmigen hinteren Teil der Patrone, der als Lauf dient, herausgeschossen und fliegt mit einer Geschwindigkeit von 50 m/sec zunächst durch die Luft und schlägt dann ins Wasser. Nach dem Abbrennen des Zeitzünders ($\frac{1}{2}$ oder 1 Sekunde) gelangt die Knall-

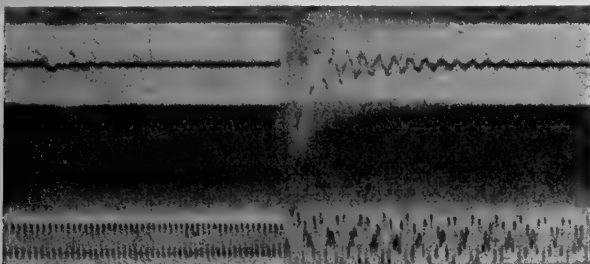


Fig. 1. Registrierung der Schallwelle.

Echoempfänger erreichen, womit eine außerordentliche Schwächung verbunden ist, während die vom Grund reflektierten Schallwellen ohne Beugung zum Empfänger gelangen können (Fig. 2). Ursprünglich waren Geber und Empfänger so konstruiert, daß Geber- und Empfängerrohr die Bordwand durchsetzten, da Geber und Empfänger außenbords gefahren werden mußten. Bei der neuesten Form ist eine Durchbrechung der Bordwand nicht mehr nötig, so daß der Einbau erleichtert und die Bedienung einfacher ist.

Der Geber besteht heute aus einer Patronenschleuse, die sich neben dem Anzeigeapparat befindet, und einem Geberkopf, der innerhalb der Bordwand in einem an die Bordwand angesetzten Rohrstutzen untergebracht ist. Die Patronenschleuse und der Geberkopf sind durch eine Rohrleitung von 11 mm \varnothing verbunden. Soll gelotet werden, so wird eine Patrone in die Patronenschleuse eingeführt und durch die Rohrleitung

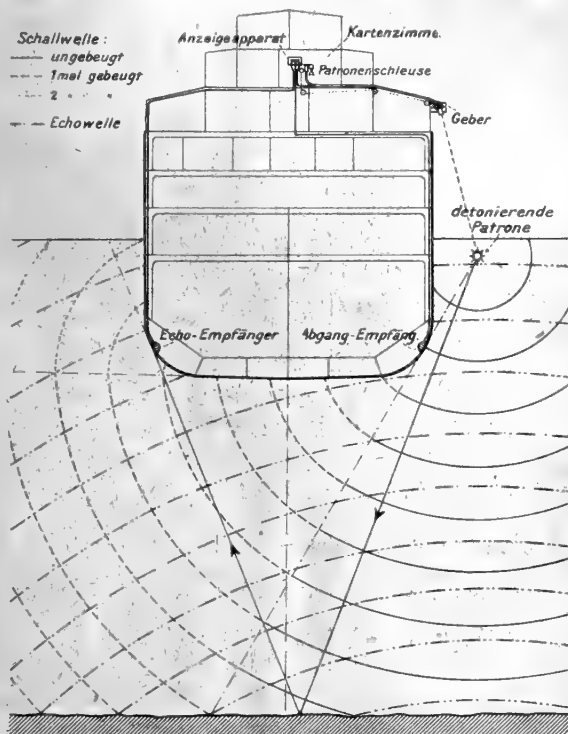


Fig. 2. Schematische Darstellung des Schallwellenverlaufs bei einer Behm-Echolot-Anlage.

kapsel in 1 bis 2 m Wassertiefe zur Explosion. Die im Geberkopf befindliche leere Patronenhülse wird später durch Ziehen an einem Drahtzug ausgeworfen. Die Hauptvorteile der neuen Geberanordnung sind, daß die Knallstärke bedeutend größer gewählt werden kann, ohne eine Beschädigung des Schiffskörpers oder des Gebers befürchten zu müssen, daß der Geber an der Bordwand oberhalb der Wasserlinie angebracht werden kann, also leichter zugänglich ist, und daß keine Dockung des Schiffs zum Einbau der Lotanlage erforderlich ist.

Der Empfänger, der ursprünglich auch ausgefahren wurde, besteht heute aus einem im Schiffsinnern nur auf die Bordwand aufgesetzten Mikrophon, das mit dem Anzeigeapparat durch ein Kabel verbunden ist. Man wird zweckmäßig hierfür einen Platz im Vorschiff aussuchen (Laderaum), der möglichst geschützt vor Schiffserschütterungen und Maschinengeräuschen ist.

Der Anzeigeapparat befindet sich auf der

Brücke oder im Kartenhaus. Er ist 34 cm lang, 21 cm breit und 30 cm hoch und trägt an der Vorderseite eine Doppelskala, die eine Teilung in Tiefenmetern zeigt (Skalenwert für 1 m Tiefe = 8 mm), die gelotete Tiefe wird durch einen Lichtstrich angezeigt (Fig. 3). Die Vorderwand des Apparats trägt 3 nebeneinander liegende Knöpfe, seitlich befindet sich ein Hebel, der auf „Loten“ oder „Kontrolle“ gestellt werden kann. Soll gelotet werden, so ist der Geber zu laden und zunächst Knopf 1 niederzudrücken, hierdurch erscheint ein Lichtstrich an einer beliebigen Stelle der Skala. Jetzt drückt man noch Knopf 2, bis der Lichtstrich auf den Nullpunkt der Skala zeigt, läßt dann Knopf 2 los und drückt Knopf 3, worauf unmittelbar der Apparat die gelotete Tiefe anzeigt. Die Ablesung der geloteten Tiefe kann beliebig oft durch Druck auf Knopf 1 später

Eine genau ausbalancierte Scheibe trägt einen Anker, der unter dem Einfluß eines Magneten I steht und bei Stromschluß angezogen wird, gleichzeitig hierbei durch einen vorstehenden Haken eine Blattfeder jedesmal in genau gleichem Maße spannend. Außerdem ist noch in der Nähe der Scheibe ein Magnet II vorhanden, an dessen Anker sich eine an einer Blattfeder befestigte Backenbremse befindet. Die Achse der Scheibe trägt zwei leichte Spiegel, die das Licht einer Glühlampe auf eine Doppelskala werfen und die Winkeldrehung der Scheibe durch einen feinen Lichtstrich auf der Skala kenntlich machen. Drückt man Knopf 1 des Anzeigeapparats, so wird eine Batterie (von 8 Volt Spannung) eingeschaltet und der Lichtanzeiger erscheint auf der Skala, hier die letzte Lotung anzeigend. Bei Druck auf Knopf 2 wird der Selbstunterbrechungskon-



Fig. 3. Der Anzeigeapparat einer Behm-Echolot-Anlage.

wiederholt werden. Legt man den Hebel auf Kontrolle und betätigt wieder die Knöpfe 1, 2 und 3 wie oben, so muß der Lichtzeiger, jetzt in grüner Farbe, auf den grünen Kontrollstrich der Skala einspielen. Der Anzeigeapparat ist also einfach zu bedienen, die Lotung dauert nur kurze Zeit und ist durch den wachhabenden Offizier ohne weitere Hilfe jederzeit ausführbar.

Der Kurzzeitmesser.

Den Kernpunkt der gesamten Apparatur bildet der im Innern des Anzeigeapparats befindliche Kurzzeitmesser, der erst die praktische Lösung des Echolotproblems ermöglichte. Bei der Größe der Schallgeschwindigkeit im Wasser, 1440 m/sec, beträgt die Echozeit für 5 m Tiefe nur $\frac{1}{144}$ Sekunde; bei einer Genauigkeit von $\frac{1}{4}$ m muß die Genauigkeit der Zeitbestimmung rund $\frac{1}{3000}$ Sekunde betragen. Nach langen Versuchen gelang Behm die Konstruktion eines betriebssicheren, mechanischen Kurzzeitmessers, dessen Wirkungsweise kurz beschrieben sei.

takt des Magneten II überbrückt und hierdurch die Bremsfeder von der Scheibe abgehoben, gleichzeitig wird auch der Stromkreis des Magneten I geschlossen, der Anker hier angezogen und die Blattfeder gespannt; der Lichtzeiger zeigt jetzt auf Null. (Um das System in den Anziehungsbereich des Magneten I zu bringen, ist auf der Achse der Scheibe noch eine schwache Unruhspirale angebracht.) Während Knopf 1 weitergedrückt wird, läßt man Knopf 2 los und drückt Knopf 3. Hierdurch wird die Patrone im Geber abgefeuert, gleichzeitig wird der Magnet I stromlos und läßt den vorgelagerten Anker frei. Infolgedessen wird die Blattfeder entspannt, die der Scheibe einen Anstoß gibt, so daß sie in Umdrehung versetzt wird. Sowie das Echo auf das hierfür besonders konstruierte Echolot-Mikrophon trifft, tritt eine Stromunterbrechung in Magnet II ein, wodurch die Backenbremse gegen die sich bewegende Scheibe gedrückt wird und deren Bewegung sofort hemmt. Die Drehung der Scheibe kann dann durch den Lichtzeiger an der

Skala abgelesen werden, die in Tiefenmeter geeicht ist. Bei einem Meßbereich von 120 m Tiefe beträgt der Skalenwert für 1 m noch 4—5 mm, so daß eine Ablesung auf $\frac{1}{4}$ m gut möglich ist.

Damit das System exakt arbeitet, müssen natürlich eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein. So muß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe stets die gleiche und die Achsenreibung sehr klein sein (Speziallagerung in Rubinen); wesentlich ist dann vor allem, daß die Antriebskraft der Scheibe stets die gleiche ist. Dies ist dadurch erreicht, daß die Blattfeder, welche die Rotation der Scheibe bewirkt, stets die gleiche Spannung hat, die unabhängig von der Kraft des spannenden Magneten ist. Schließlich erfüllt die Konstruktion auch die Bedingung, daß die treibende Kraft stets innerhalb der gleichen kurzen Zeit und in stets gleicher Weise auf das drehbare System übertragen wird.

Es ist hier nicht angängig, die vielen Einzelheiten, durch die ein einwandfreies Arbeiten des Kurzzeitmessers erreicht wird, anzuführen. Erwähnt sei, daß das drehbare System so genau ausbalanciert ist, daß Lagenveränderungen oder Erschütterungen des Kurzzeitmessers ohne Einfluß auf die Genauigkeit seiner Angaben sind, was für Bordzwecke sehr wesentlich ist. Die Eichung des Instrumentes erfolgt empirisch, indem man mittels zweier Mikrophone in bekanntem Abstand den Apparat in und außer Gang setzt. Der Einfluß der Temperatur auf den Kurzzeitmesser ist so gering, daß er für Echolotzwecke, wie Untersuchungen von Behm zeigen, außer Betracht gelassen werden kann. Weitere Fehlerbestimmungen ergaben einen Maximalfehler der gesamten Meßanlage von etwa 25 cm Tiefenmessung, die Angaben des Kurzzeitmessers selbst bei aufeinanderfolgenden Messungen stimmten häufig auf 0,00001 Sekunden überein⁵⁾. Ferner ergaben Untersuchungen, daß der Kurzzeitmesser innerhalb eines Zeitraumes von 0,00044 Sekunden in und außer Gang gesetzt werden kann bei einem Maximalfehler von 0,000156 Sekunden.

Die schon erwähnte Kontrollvorrichtung (Umlagen des Hebels auf Kontrolle) dient dazu, das Vertrauen in die Angaben des Instruments zu stärken und etwaige Betriebsstörungen in der Anlage sofort aufdecken zu können. Durch die Kontrolle wird ein dem Kurzzeitmesser ähnlicher Apparat in Gang gesetzt, bei dem eine umlaufende Scheibe jedoch nicht Spiegel verdreht, sondern auf ihrem Wege zwei Kontakte nacheinander öffnet und so eine bestimmte Zeitstrecke mißt. Der Lichtzeiger ist bei Betätigung der Kontrolle stets grün und muß auf den grünen Kontrollstrich fallen, die grüne Farbe des Lichtzeigers verhindert eine Verwechselung mit der Lotung. Eine Störung durch Ausfallen der Bremse bei unrichtiger Bedienung wird

durch eine rote Farbe des Lichtzeigers kenntlich gemacht.

Der Kurzzeitmesser ist im allgemeinen nicht sehr empfindlich gegen Änderungen der Batteriespannung, da die Triebkraft des Kurzzeitmessers mechanisch erzeugt und auch die Bremsung mechanisch bewirkt wird. Ist eine starke Erschöpfung der Batterie eingetreten, so wird der grüne Lichtzeiger bei Betätigung der Kontrolle nicht auf den grünen Kontrollstrich springen. Durch Verdrehung eines Regulierwiderstandes ist es möglich, die Batteriespannung in ihrer Einwirkung auf das Instrument zu ändern, was ohne besondere Hilfsmittel und Spezialkenntnisse an Bord geschehen kann.

Schlußbemerkungen.

Die Fehlerquellen der Echolotmethode hat H. Maurer einer Prüfung unterzogen⁶⁾. Wenn der Meeresgrund nicht eben ist, so liegt nach Maurer theoretisch die Möglichkeit vor, daß das Echolot eine etwas zu große Tiefe anzeigt, weil der Reflexionspunkt nicht genau unter der Schiffsmitte zu liegen braucht. „Für jedes Echolot erscheinen als Flächen gleicher Tiefe nicht Horizontalebenen, sondern Ellipsoide, die bei kleinen Tiefen ziemlich starke Krümmung aufweisen können.“ Für die Praxis dürften die Einwände Maurers ohne Belang sein, namentlich wenn man in Betracht zieht, daß ein Lotwurf bei unruhigem Relief auch nicht die flachste Stelle seitlich der Schiffsmitte anzeigen wird. Wegen des Einflusses der Temperatur und des Salzgehalts des Meerwassers auf die Schallgeschwindigkeit empfiehlt Maurer, die Skala des Echolots zur Erhöhung der Sicherheit für kaltes, süßes Wasser zu eichen, da die Schallgeschwindigkeit mit wachsender Temperatur und wachsendem Salzgehalt zunimmt.

Während die Verwendbarkeit des Behm-Echolots für geringe Tiefen schon erprobt ist, liegen noch keine Erfahrungen über seine Verwendung als Tiefseecholot vor. Wie Behm ausführt, kommt hierfür die photographisch registrierende Methode in Frage, bei der der Schallabgang und das Echo gleichzeitig mit den Schwingungen einer Stimmgabel photographisch aufgezeichnet werden. Erweist sich die Messung der großen Meerestiefen durch das Behm-Echolot als durchführbar, was nach Ausführung von Versuchen anzunehmen ist, so eröffnen sich vielversprechende Aussichten für die Erforschung des Reliefs der Tiefsee. Einerseits ist die Ausführung von Tiefseechotungen auf jedem Handelsdampfer ohne Zeitverlust möglich, anderseits ist man in der Lage, die Lotungen bedeutend enger zu legen, was bislang durch die lange Dauer von Einzellotungen mittels Klavierseitendraht verhindert wurde.

⁵⁾ Vgl. hierzu auch den Aufsatz von E. Schreiber. Über einige Versuchsergebnisse mit dem Anschütz-Echolot. Ann. d. Hydr. usw. 1922, S. 46.

⁶⁾ Das Echolot. Marine-Rundschau 1922, S. 348 bis 356.

Zum Schluß sei noch einmal auf den Hauptvorteil des Behm-Echolotes hingewiesen: Es ist kein kompliziertes Instrument, sondern einfach in der Konstruktion und einfach in der Bedienung, so daß das Problem als praktisch gelöst bezeichnet werden kann.

Besprechungen.

Marzell, Heinrich, Unsere Heilpflanzen und ihre Stellung in der Volkskunde. Ethnobotanische Streifzüge. Freiburg im Breisgau, Theodor Fisher, 1922. XXVIII, 240 S. und 38 Abbildungen.

Da ausländische Pflanzendrogen fast unerschwinglich geworden sind, werden notgedrungen Ärzte und Laien wieder mehr den einheimischen Heilpflanzen und ihrer Kultur Interesse zuwenden müssen. Während es nicht an Schriften über deren Heilkräfte fehlt — auch von Unberufenen —, sind die Forschungen über ihre *Geschichte* und die Rolle, die sie im *Volks glauben* und im *Volksleben* spielen, sehr vernachlässigt worden. Die Kenntnis der geringen Zahl wissenschaftlicher Werke über die *Geschichte* der Heilpflanzen (*Flückiger, Tschirch* u. a.) blieb auf den engen Kreis der Fachgelehrten beschränkt, ohne ins Volk zu dringen. Ganz veraltete, oft abgeschriebene Angaben, „Nachweise“ unserer Heilpflanzen in den Schriften der Antike und des Mittelalters beruhen auf ungenauen oder falschen Zitaten in den volkstümlichen Schriften. Falsche Übersetzungen, Benutzung uralter Ausgaben, natürlich ohne die neuen Lesarten, beweisen, daß den historischen Notizen nicht die erste Quelle zugrunde liegt, sondern daß sie einfach aus zweiter oder dritter abgeschrieben sind.

Noch schlimmer ist es um die Zuverlässigkeit der volkskundlichen (folkloristischen) und kulturhistorischen Aufgaben, also um den Aberglauben und die Volksmeinungen bestellt. Alle solche an sich sehr wertvollen Beziehungen unserer Heilpflanzen zur Sitte, Sage, zum Glauben und Brauch des Volkes sind wissenschaftlich wertlos ohne genauere Bezeichnung der Quellen.

Diesen Mängeln will das vorliegende Buch abhelfen. Mit einem staunenswerten Aufwand von Literaturstudium, mit einem fast „pedantischen“ Fleiß wird jede Angabe durch unmittelbares Schöpfen aus der Quelle belegt und einer strengen wissenschaftlichen Kritik unterzogen. Häufige wörtliche Zitate aus diesen Quellenwerken erhöhen den Wert dieser mühsamen „Durchstöberung“ und machen das Werk zu einer unerschöpflichen Fundgrube für den Mediziner und Botaniker, hauptsächlich aber für den Ethnologen und Folkloristen. Vollständig neues entsprang der unmittelbaren Nachspürung im Volke auf mündlichem oder schriftlichem Wege.

Das Werk ist in erster Linie doch vom geschichtlich-volkskundlichen Standpunkte geschrieben, weniger im Sinne gar der *modernen* Medizin, was sich schon sehr rasch ergibt durch die Lektüre der Liste der abgehandelten Pflanzen, die medizinischerseits überwiegend die Bezeichnung „obsolet“ in bezug auf heutige wissenschaftliche Verwendung zuerkannt erhalten werden; ob immer mit Recht, bleibe dahingestellt. Denn wer will mit absoluter Sicherheit sagen, daß eine genaue wissenschaftliche Darstellung der wirksamen Prinzipien und ihrer experimentellen Prüfung auch aus diesen Stiefkindern der fortgeschrittenen, neuzeitlichen Medizin nicht vielleicht ungeahnte Schätze

heben könnte, die in den Volksmeinungen und -anwendungen schon Jahrhunderte lang antizipiert wurden, von der wissenschaftlichen Forschung bisher aber vernachlässigt und deshalb nicht anerkannt oder direkt abgelehnt waren? —

Die *Abbildungen* sind den Werken entnommen, die für die *geschichtliche Entwicklung der Pflanzenabbildung* von Bedeutung sind, meist aus dem 6. sowie aus dem 15. und 16. Jahrhundert. Der Leiter des Leipziger Institutes für Geschichte der Medizin, Geheimrat *Sudhoff*, unterstützte das Werk mit Rat und Tat, der *Tauchnitzverlag* und die *Münchener Staatsbibliothek* gestatteten den Abdruck mancher Bilder aus ihren Werken.

Aufsätze über einzelne der abgehandelten Pflanzen waren von dem Verfasser schon früher in etwas anderer Form in „Heil- und Gewürzpflanzen“ (München, J. F. Lehmann), in der „Naturwissenschaftlichen Wochenschrift“ (Jena, Gustav Fischer) und in „Bayer. Hefte f. Volkskunde“ (München, 8. Jahrg., 1921) veröffentlicht worden.

Sehr wertvoll ist das zwischen „Vorwort“ und „Einleitung“ eingeschobene, ca. vier Druckseiten umfassende Literaturverzeichnis, das aber nur die häufiger benutzten Werke enthält, während die anderen im Texte jedesmal als Fußnoten angeführt sind.

In der „Einleitung“ betont der Autor zunächst, daß die Anfänge einer Geschichte der Botanik überhaupt gleichbedeutend sind mit der ältesten Geschichte der Heil- und Nutzpflanzen; denn die Kenntnis des Baues, der Lebensbedingungen und physiologischen Wirkungen der Pflanzen dämmerten dem primitiven Menschen auf bei dem Suchen nach Nahrungs- und Heilmitteln. Daran schloß sich wohl ihr kultischer Gebrauch. Den Heil- und Nutzpflanzen wurde wohl auch zuerst der Charakter belebter Wesen zuerkannt („Animismus“), womit dem Aberglauben Tür und Tor geöffnet war. „Daher ist eine geschichtliche Betrachtung unserer Heilpflanzen nicht wohl zu trennen von der Erörterung ihrer Rolle in der Volkskunde.“

Als „Quellen“ bei diesem Studium dienen zunächst Funde von Pflanzenteilen in vorgeschichtlichen oder alten menschlichen Niederlassungen (Pfahlbauten, Gräber usw.), bei deren Benutzung aber große Kritik walten muß. Dann folgen die literarischen Quellen. Die ältesten gehen unter dem Namen *Hippokrates*, dessen „Corpus Hippocraticum“ aber sicher mehrere Ärzte des 5. und 4. Jahrhunderts vor Chr. zu Verfassern hat. Hier sind die mehr als 200 aufgeführten Heilpflanzen noch nicht botanisch charakterisiert. Dies ist aber der Fall mit der im 3. Jahrhundert v. Chr. abgefaßten „Pflanzengeschichte“ des *Theophrastus*, und diese kann daher in gewissem Sinne als das erste „wissenschaftliche“ Werk über Pflanzen betrachtet werden. Neben ganz brauchbaren Diagnosen und Beobachtungen herrscht bei *Th.* aber noch viel Aberglaube und ungereimtes Zeug. Dagegen ist die im Pergamentodex (Codex Constantinopolitanus) uns überlieferte „Arzneimittellehre“ des *Dioscurides* schon mit erkennbaren Abbildungen versehen; manchmal allerdings handelt es sich um reine Phantasiegebilde. Sie mit unseren mitteleuropäischen Pflanzen in jedem Fall identifizieren zu wollen, ist eitles Bemühen, weil sich diese „Arzneimittellehre“ überwiegend auf spezifisch griechische und kleinasiatische Pflanzen gründet, die eben bei uns gar nicht vorkommen. Das Werk mit seinen ca. 600 Pflanzen stand im ganzen Mittelalter in hohem Ansehen. Die alten „Kräuterbücher“ sind oft nur Kommentare des *Dioscurides*, und aus

ihnen wieder ging vieles, auch heute noch erhaltene, ins Volk über. Das hohe Ansehen ist deshalb in gewissem Grade berechtigt, weil D. seine Quellen sicher nur mit einer gewissen Kritik gebrauchte, und seine Ausführungen zum Teil die Früchte eigener Beobachtungen sind.

Die Römer haben keinen ebenbürtigen botanischen Schriftsteller, doch enthalten auch ihre naturwissenschaftlichen und medizinischen Schriften manches Wertvolle zur Geschichte unserer Heilpflanzen, so diejenigen der „Agrarschriftsteller“, wie *Cato major*, *Marcus Terentius Varro*, *Junius Moderatus Columella* und *Palladius*. Den bedeutendsten Einfluß auf spätere Zeiten übte die „Naturgeschichte“ des *C. Plinius Sec.*, aus, besonders wegen der von ihm benutzten reichhaltigen, uns aber verloren gegangenen „Quellen“, die er größtenteils mit dem gleichzeitigen *Dioscorides*, aber unabhängig von ihm, ausschöpfte. Obwohl die ca. 1000 Plinius'schen Pflanzennamen auch heute noch vorhanden sind, sind sie doch nicht von identischer Bedeutung mit den gleichen der heutigen botanischen Systematik. Diese Differenz rührt auch vieler vor dem falschen Streben der älteren Botaniker her, alle mitteleuropäischen Pflanzen schon bei *Plinius* finden zu wollen. Etwas vor *Plinius* erschien ein ebenfalls ergiebiges Werk des *Aulus Cornelius Celsus* über „die Heilkunde“.

Die gallische Volksmedizin vermittelt uns *Marcellus Empiricus* (um 400 n. Chr.) in seinem Werk „De medicamentis“, welches besondere Bedeutung für die Sprachforschung (gallische und keltische Pflanzennamen aus dem Volksmunde) hat. Mehr encyklopädisch-lexikalisch sind die „Origines“ des *Isidorus* (Ende des 6. Jahrhunderts). Obwohl seine „Etymologien“ heute meist naiv anmuten und als unrichtig bezeichnet werden können, genossen im Mittelalter seine Schriften hohes Ansehen.

Auch die arabischen Ärzte im Mittelalter erhielten die antiken Überlieferungen, waren aber auch selbständige Forscher.

Im deutschen Mittelalter steht an der Spitze das „Capitulare de villis“ *Karls des Großen* oder *Ludwigs des Frommen* (Diktandenordnung von 812). In Kapitel 75 sind ca. 90 Pflanzen aufgezählt, die in den kaiserlichen Hofgütern gepflanzt werden sollten, darunter viele Heilkräuter, die auch heute noch in unseren Bauerngärten vorkommen. Zuerst waren sie wohl aus den kaiserlichen Gütern in die Klostergärten gekommen. Besonders der Abt von Reichenau am Bodensee *Walafridus Strabo* (847) behandelte aus der Liste des „Capitulare“ 23 Pflanzen, größtenteils Heilkräuter, in einem lateinischen Lehrgedicht über den Gartenbau („Hortulus“), wie denn überhaupt die Mönche, besonders die Benediktiner, viel für die Verbreitung und den Aufbau der Heilpflanzen, die sie auch aus dem Süden mitbrachten, taten.

Eine ganz besondere Bedeutung unter den botanisch-medizinischen Schriften des Mittelalters nimmt die „Physica“ der hl. *Hildegard* (gest. 1179 als Äbtissin auf dem Rupertsberg bei Bingen) ein, nach E. S. Wassmann nicht nur „das älteste naturwissenschaftliche Dokument über Fauna und Flora des Nahenraums im 12. Jahrhundert durch die zahlreichen deutschen Tier- und Pflanzennamen; sie ist ferner nicht bloß ein interessantes Denkmal der von *Hildegard* gesammelten naturwissenschaftlichen Volkstradition jener Zeit; sie enthält auch ein offenkundiges Streben nach selbständiger Naturbeobachtung und unmittelbarer, auf eigener Anschauung beruhender biologischer Charakteristik der Naturobjekte“.

In Anlehnung an den arabischen Arzt *Avicenna* (Canon medicinae) schrieb im folgenden Jahrhundert der Bischof von Regensburg, der frühere Dominikanermönch *Albertus Magnus* seine 7 Bücher „De Vegetabilibus“, die aber auch manches Eigene auf Reiselreisen beobachtete enthalten. Sein Schüler, ebenfalls Dominikaner, *Thomas Cantimpratensis*, der das Wort „Liber de natura rerum“ verfaßte, diente dem Regensburger Kanonikus *Konrad von Meyenberg* als Hauptquelle für die erste Naturgeschichte in deutscher Sprache: „Das Buch der Natur“ (Mitte des 14. Jahrhunderts). Es wurde in den beiden folgenden Jahrhunderten öfter gedruckt, geht aber überwiegend auf die Antike zurück.

In Frankreich wurde ungefähr zur gleichen Zeit eine Salernitaner „Simplicienkunde“ des 12. Jahrhunderts von *Platarius* unter Hinzufügung neuer Pflanzenabbildungen gedruckt, der ersten wirklich nach der Natur gezeichneten, wissenschaftlichen Pflanzenbilder seit *Dioscorides* (bzw. *Krateus*), welche in viele folgende Druckwerke übergingen, auch in ein anderes Volksbuch des 15. und 16. Jahrhunderts, den „Gart der Gesundheit“ (1485 bei Peter Schöffer in Mainz), der auch den einheimischen Heilpflanzen seine Aufmerksamkeit schenkt. Ähnlich sind die ungefähr gleichzeitig lateinisch, deutsch oder niederländisch gedruckten „Kräuterbücher“ (Herbarius oder Hortus Sanitatis).

Zu Beginn der Neuzeit fängt man an, in Erhebung über das Buchwissen die Pflanzen in der freien Natur anzusehen, zu beschreiben und durch Holzschnitte nach der Natur abzubilden, wenn auch nicht immer mit vollem Gelingen, so doch häufig mit überraschender Naturtreue und Schönheit. Die dicken Kräuterbücher (erste Hälfte des 16. bis in das 18. Jahrhundert) der drei sogenannten „Väter der deutschen Botanik“: *Bruefel's*, *Bock* und *Fuchs*, erschienen in zahlreichen Ausgaben, die man noch heute besonders auf dem Lande bei Kurpfuschern vorfindet, und lie auch manchem heute noch dem Volk auf Jahrmärkten und Kirchweihen aufgeschwatzten Kräuterbüchlein zum Vorbild dienen. Besonders berühmt war das deutsch erschienene „Contrafact Kräuterbuch“ (1532–37) des *Heinrich Brunfels* mit z. T. sehr naturgetreuen Abbildungen. Botanisch noch höher steht das Kräuterbuch des *Hieronymus Bock* (1546), der wohl alle beschriebenen Pflanzen selbst sah und deren Fundorte auch angibt, in seiner treuerhizigen und gegen abergläubische Bräuche oft energisch wetternden Schreibart höchst originell. Auch das „New Kräuterbuch“ (1543) von *Leonhard Fuchs* enthält treffliche Holzschnitte.

Der gleichzeitig lebende Italiener *Matthioli* schrieb einen Kommentar zu den Schriften des *Dioscorides*, das als „New Kräuterbuch“ in deutscher Übersetzung 1563 erschien. Ihm folgte etwas später das des *Jakob Theodor Tabernaemontanus*, dessen spätere Auflagen *Kaspar Bauhin* besorgte, das reichhaltigste und am meisten illustrierte Kräuterbuch.

Bezüglich des Volksglaubens, seiner Sitten und Gebräuche gegenüber den Heilpflanzen dienen die gleichen Quellen. Bei *Theophrast* und *Plinius*, weniger bei *Dioscorides*, findet man Bemerkungen über Volksüberzeugungen. *Jacob Grimm* rechnet dem *Plinius* gerade diese folkloristischen Abschweifungen hoch an mit ihrem eigenen Reiz gegenüber dem „trockenen Ernst unserer heutigen Naturforscher, die keinen Blick auf den Brauch der Heimat verwenden“ (!Ref.). *Marcellus Empiricus* gibt viel über Sympthiemittel, Pflanzenbeschwörungen usw. Der Aberglauben in den mittelalterlichen Schriften geht wie alles andere meist auf die

antiken Schriften zurück. Bei *Albertus Magnus*, *Konrad von Megenberg*, besonders aber bei *Brunfels*, *Bock* und *Fuchs* wird vieles als „heidnischer Aberglaube“ scharf kritisiert. Besonders reich an abergläubischen Meinungen sind zwei *angelsächsische* Arzneibücher aus dem 10. oder 11. Jahrhundert.

Die Anregungen der Gebrüder *Grimm* in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hatten eine nicht mehr übersehbare Fülle von Veröffentlichungen volkskundlicher, ethnologischer, kulturhistorischer und sprachwissenschaftlicher Art in zahlreichen Einzelwerken und Zeitschriften zur Folge, die auch vieles über die Heilpflanzen enthalten. Wenn aber der Sammler dieser Volksbräuche usw. nicht gleichzeitig Botaniker war, liefen naturgemäß viel Verwechslungen mit unter, weshalb große Vorsicht bei Benutzung dieser „Quellen“ am Platze ist. So fehlt es auch manchen Werken „volkskundlicher“ Botanik der letzten Jahrzehnte an der nötigen Kritik und dem Studium der ersten Quellen.

Besondere Beachtung schenkte der Verfasser den oft sehr treffenden, echt volkstümlichen Pflanzennamen.

Nach dieser *allgemeinen*, einleitenden, *historischen* Grundlage folgt nun der *spezielle Teil*, in dem 83 systematisch geordnete „Heilpflanzen“ der Reihe nach abgehandelt werden. Es ist im Rahmen eines Referates unmöglich, der Fülle der dabei zusammengetragenen Einzeltatsachen gerecht zu werden. Man kommt aus dem Erstaunen bei der Lektüre nicht heraus, aber nicht nur über den Bienenfleiß beim Zusammentragen des Materials, sondern in fast ebenso hohem Maße über die bodenlose Kritiklosigkeit, die oft rührende Naivität, um nicht zu sagen Dummheit und Leichtgläubigkeit des Volkes. Man mag noch so viel über Hexen- und Wunderglauben gelesen und gehört haben, man mag die Zeiten der Hexenprozesse, der Pestepidemien, der Viehseuchen kennen, die Reichhaltigkeit und Abwechslung besonders bei der Ausübung der abwehrenden Bräuche, ihrer detaillierten Regeln, ihre Fixierung an bestimmte Jahreszeiten, Tage, Tageszeiten, Sonnen- und Mondphasen, der Körperstellen, an denen die abwehrenden oder anlockenden Kräuterteile getragen werden müssen, deren Zahl, die Zeit ihrer Entnahme von der lebenden Pflanze, findet keine Grenzen. Daß dabei der Humor nicht zu kurz kommt, zumal bei der erotischen Folklore, dafür hat das „Volk“ reichlich gesorgt und der Autor durch seinen Sammelfleiß nicht weniger.

Ich gebe nun noch als Beispiel des speziellen Teils im Auszug eine der allgemeiner bekannten Pflanzen, den *Wacholder* (*Juniperus communis*), der sechs Druckseiten füllt. Zunächst weist *Marzell* die Annahme zurück, daß *Elias* (3. Könige 19, 4 f.) unter dem Schatten eines „Wacholderstrauches“ nach *Luthers* Übersetzung ausruhte. Der „rothem“ der Hebräer und der „retem“ der Araber ist ein ginsterähnlicher Strauch: *Retema roetam* (*Forskul*), der auch besonders gut glühende und dauerhafte Kohlen lieferte, womit der Psalmist die verzehrende Glut der Lästerungen vergleicht. Der griechische *ἄρκευθος, ἄρκεος* und *ὄξυεδρος* entspricht auch nicht unserer Pflanze, sondern südlichen Wacholderarten, z. B. *Juniperus oxycedrus*, *phoenicea* und *excelsa*. Deren Rauch vertreibt nach *Dioscurides* die wilden Tiere, eine auch in mittelalterlichen Schriften ganz allgemein dem „Wacholder“ zugeschriebene, wohl schon als antidämonisch aufzufassende Wirkung. Er hebt auch die heute noch in der Volksmedizin hochgepriesenen *diuretischen* Wirkungen schon hervor. *Marzell* glaubt nicht, daß

diese Anwendung einfach aus der Antike übernommen ist, sondern daß die Bewohner diesen in Mittel- und Nordeuropa so häufigen Strauch auf seine Heilkräfte untersucht und dabei auch auf germanischem Boden die fäulniswidrige Wirkung der im Wacholder enthaltenen Terpene (Pinen, Kadinen) und die Anregung der Urinausscheidung erkannt haben. Die erstere Eigenschaft erklärt auch den Gebrauch der Wacholderbeeren, sowie die Räucherungen mit denselben als Prophylacticum gegen pestartige Epidemien. Von der Hochschätzung des Wacholders zeugt *Bocks* Ausruf: „In summa die würckung und tugent des Weckholterbaums seind zu beschreiben nit wol möglich“. Öfter wird er mit der Bibernelle (*Pimpinella Saxifraga* und *magna*) zusammen empfohlen. Während des Wütens einer großen „Pest“ im Salzburgischen sang eines Tages auf einem Baume ein Vogel: „Ebt's Kranawit (Wacholder) und Bibernell, dann sterbt ihr nit so schnell!“ Nun war die Macht der Pest gebrochen. In Steiermark gilt er als das beste Vorbeugungsmittel gegen Blattern, man kaut und ißt die Beeren, trinkt einen Absud derselben und räuchert damit Zimmer und Hausflur. In Rheinhessen räucherte man noch zur Jugendzeit des Referenten in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts nach jedem Todesfall die Wohnung mit Wacholderbeeren ohne Rücksicht auf die Todesursache, und in Norwegen fand Ref. noch 1909 die ländlich einfachen Aborte mitten im Lande im Drivatal mit Wacholderzweigen drapiert, wohl aus desodorisierenden oder auch aus antiseptischen, kaum nur aus rein ästhetischen Gründen.

Die Verehrung auf germanischem Boden, in Steiermark und ähnlich in der Schweiz ergibt sich aus dem Satz: „Vor einem Kranawetstrauch soll man den Hut abnehmen, vor einem Hollerboschen (Hollunder) aber niederknien“. Sie greift bis auf die Zeit der Pfahlbauten zurück, in denen er gefunden wurde. Auch die Zwerge kennen seine Kraft, worauf manche abergläubischen Aussprüche und Erzählungen hinweisen. Diese gründen sich vielfach auf das „Kreuz“ auf den Beeren, der Verwachungsstelle der schuppenförmigen Fruchtblätter, was nach einer Legende der Esthen daher rührt, daß Christus von einem Wacholderstrauch in den Himmel aufgefahren sein soll.

Eine norwegische Besegnungsformel, beginnt:

„Ich esse Wacholderbeer blau

Mit Jesu Kreuz zur Schau“.

Durch dieses Kreuz hält der Wacholder die bösen Geister ab und treibt sie bei den Besessenen aus. Das Grimmsche Märchen vom „Machandelboom“ zeigt auch seine legendäre Kraft.

Unzählig sind die „Beweise“ der antidämonischen Kraft der Pflanze. In Esthland glaubt man, daß das Kreuz Christi aus Wacholderholz gemacht war, weshalb man mit einem Wacholderknüttel den Teufel erschlagen könne. Der Strauch soll nach italienischer Version die Madonna auf der Flucht aufgenommen haben. Das Ausräuchern der Viehställe mit Wacholder im Allgäu bietet Schutz gegen das Verhexen des Viehes, ähnlich in Böhmen und Mittelfranken. Wenn sich die Milch nicht zu Butter ausrühren läßt, so nimmt man einen Rührstecken aus Wacholderholz, dann hört die Verhexung auf. Wenn im Oberamt Freudenstadt der Bauer vor der Aussaat die Hände an einem Wacholderstrauch reibt, so bleibt der Acker frei von Unkraut usw. usw. Wacholder am Hut getragen schützt nach den Meinungen besonders der Gebirgsbewohner vor Ermüdung und vor „Wolf“ (Wundlaufen).

Als Sympathiemittel soll er den Dieb wieder zur

Rückgabe des gestohlenen Gutes veranlassen, was besonders bei *Albertus Magnus* in seinen „Egyptischen Geheimnissen“ mit allerlei Hokuspokus verbrämt sehr überzeugend geschildert wird. Besonders der letztere wird auch im Aargau bei der Anwendung des Wacholder gegen Warzen kräftig in Anspruch genommen usw.

Der Name hat mit „Holder“ (Holunder) nichts zu tun und muß Wacholder (ohne h) geschrieben werden. Althochdeutsch: wechalter, wecholder mit dem Baum-suffix „ter“ (cf. Affolter = Apfelbaum). Alemannisch: „Wech(al)ter“, „Wecklter“. Der Stamm „wehhal“ bedeutet „wachen“ = der wache, frische und immergrüne Strauch. Elsässisch: Queckholder (ahd. quec = lebendig, frisch, vgl. Quecksilber, erquicken, Quickborn = Quelle). Schweizerisch: Reckholder, Bäukholter (räuchern). Niederdeutsch: Machandel, Macholder. Bayerisch-österreichisch: Kranewett, Kranewitter, vgl. Krammetsvogel (mhd. Kranewitvogel = Wacholdendrossel). Niederdeutsch: Enbärenstruk, Eenbernboom, mit *Juniperus* zusammenhängend. Englisch: juniper (tree), also kein Volksnamen. Kaddig (preußisch) stammt aus dem Slawischen (lettisch Kadikis), estländisch Kadajas von kaditi = räuchern).

Das fast vollständige Zurücktreten der eigentlich wissenschaftlich festgestellten und evtl. heute noch gültigen Heilwirkung ist gegenüber der folkloristischen, einschließlich sprachwissenschaftlichen Seite eklatant, aber im Plane des Werkes begründet. Von allen aufgezählten Pflanzen ist heute zweifellos die *Digitalis purpurea* am wichtigsten. Mit 1½ Druckseiten einschließlich des Raumes für die Abbildung aus dem New Kräuterbuch von *Fuchs* muß sie sich fast mit dem geringsten Raum begnügen und ihre heutige weittragende Bedeutung ist mit dem Satze erledigt: „Erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts kam Digit. purpur. mehr in Aufnahme, und heutzutage sind die Blätter eines der wichtigsten Herzmittel“.

Ich glaube, das ausführlich referierte Beispiel wird mein Urteil über das Buch bestätigen. Es ist in der heutigen Zeit der Oberflächlichkeit ein neuer Beweis dafür, daß die echt deutsche Gründlichkeit in den Gelehrtenkreisen noch nicht im Aussterben ist, und daß selbst die große Notlage der Wissenschaft nicht in stande war, den Idealismus und die Hingabe ihrer Träger an die noch so schwierige und vielleicht keinen materiellen Erfolg versprechenden Aufgabe zu zerstören.

Karl Touton, Wiesbaden.

Miche, H., Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen. 70 Abbildungen. Durchgesehener Neudruck. 142 S. Sammlung Göschel. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftl. Verleger, 1921.

Böhmig, L., Die Zelle (Morphologie und Vermehrung). 73 Abbildungen. 138 S. ebenda. 1920.

Pilger, R., Die Stämme des Pflanzenreichs. 23 Abbildungen. 119 S., 2. Aufl. ebenda. 1921.

Gothan, W., Paläobotanik. 28 Abbildungen. 142 S. ebenda. 1920.

Vageler, P., Bodenkunde. 1 Abbildung. 104 S., 2. Aufl. ebenda. 1921.

Nienburg, W., Pilze und Flechten. 88 Abbildungen. 120 S. Aus Natur- und Geisteswelt. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1921.

Bei dem gewaltigen Emporschnellen der Bücherpreise wird mancher Leser auf die Anschaffung größerer Lehr- und Handbücher Verzicht leisten und zu kleineren zusammenfassenden Darstellungen greifen, wie sie in gleicher Weise durch die Sammlung Göschel und die Sammlung „Aus Natur- und Geistes-

welt“ geboten werden. Deswegen sei hier ganz kurz auf einige Neuerscheinungen hingewiesen, die das Gebiet der Botanik behandeln oder streifen. Das Bändchen von *Miche* gibt in 2 besonderen Abschnitten einen Überblick über die Zellenlehre und die Gewebelehre der Pflanzen. Die Darstellung ist sehr geschickt und wird belebt durch eine große Fülle instruktiver, sauberer Figuren, so daß das Büchlein angelegentlichst empfohlen werden kann. In gewissem Sinne eine Ergänzung bildet „Die Zelle“ von *Böhmig*. Das Bändchen wendet sich in erster Linie an den Zoologen, da und dort ist auch Botanisches eingestreut und manche allgemeinen Dinge — Kernteilung, Plasmastruktur usw. — interessieren ja den Zoologen und den Botaniker in gleicher Weise; desgleichen der Aufbau einzelliger niedriger Organismen, die an der Grenze von Pflanzen- und Tierreich stehen. „Die Stämme des Pflanzenreichs“ von *Pilger* geben einen gedrängten Überblick über die verschiedenen Klassen des Pflanzensystems. Natürlich können nur die großen Gesichtspunkte herausgearbeitet werden, für Einzelheiten ist kein Platz. Der Verfasser bezeichnet es in der Einleitung als sein Ziel, „den Stufenfolgen der Entwicklung, die etwa den Wegen der Phylogenie im Pflanzenreich entsprechen, nachzugehen, so viel und so wenig dies nach dem Stande unseres heutigen Wissens möglich ist“. Es liegt in der Natur der Sache, daß dabei häufig auf fossile Pflanzen zurückgegriffen wird. Denn die Paläobotanik hat in den letzten Jahrzehnten eine ganze Reihe wichtiger Verbindungsglieder geliefert. So ist es zu begrüßen, daß auch dieser Zweig botanischer Forschung durch die berufene Feder *Gothans* eine Bearbeitung erfahren hat. Nach einigen einleitenden Bemerkungen über den Erhaltungszustand fossiler Pflanzen werden in systematischer Reihenfolge die wichtigsten Formen angeführt, und besonders eingehend werden diejenigen Typen behandelt, welche die Kluft zwischen Pteridophyten und Gymnospermen und zwischen Gymnospermen und Angiospermen überbrücken: die Cycadofilices und die Bennettiteae. In den Schlußbetrachtungen berührt dann *Gothan* einige allgemeinere Fragen wie Klimacharakter und pflanzengeographische Provinzen in früheren Erdperioden. Anhangsweise sei hier auch die „Bodenkunde“ von *Vageler* erwähnt. Die Berührungspunkte zwischen Botanik und Bodenkunde sind ja recht mannigfaltiger Natur. Erstens gibt es eine ganze Reihe von Pflanzenformationen, die bodenbildend wirken, zweitens üben sowohl Pilze, wie auch Bakterien tiefgreifende Umsetzungen im Boden aus, und drittens ist von der Beschaffenheit des Untergrunds der gesamte Vegetationscharakter in hohem Maße abhängig. Alle diese Dinge kommen in dem Bändchen von *Vageler* zur Sprache. Das erste Kapitel behandelt die Entstehung der Böden, das zweite die gesetzmäßige Verteilung der Böden der Erde, das dritte die Ergebnisse der wissenschaftlichen Bodenuntersuchung (Wasserhaushalt, Lufthaushalt, Wärmehaushalt, biologische Prozesse usw.), das Schlußkapitel endlich die Klassifikation der Böden in der landwirtschaftlichen Praxis. — An diese Bändchen aus der Sammlung Göschel sei noch ein solches aus der Kollektion „Aus Natur- und Geisteswelt“ angereiht: „Pilze und Flechten“ von *W. Nienburg*. Wie einleitend bemerkt wird, soll das Büchlein einen größeren Zyklus eröffnen, der das Gesamtgebiet der Botanik in allgemeinverständlicher Form behandelt. Im Vordergrund der Darstellung stehen Morphologie und Entwicklungsgeschichte. An zahlreichen Stellen kann der Verfasser aus eigenen Erfahrungen schöpfen.

Neben den rein wissenschaftlichen Ausführungen kommt auch die Praxis zu Wort (alkoholische Gärung, Pflanzenkrankheiten, Schädlingsbekämpfung usw.). Der Wert des Bändchens, das allenthalben auf die neuesten Erfahrungen Rücksicht nimmt, wird noch ganz wesentlich gesteigert durch die reiche Ausstattung an Figuren.

P. Stark, Freiburg i. Br.

Warburg, Otto, Die Pflanzenwelt. III. Band. Leipzig, Bibliographisches Institut, 1922. XII, 552 S., 10 farbige Tafeln, 18 meist doppelseitige schwarze Tafeln und 278 Textabbildungen. 18 × 26 cm.

Die Ungunst der Zeitverhältnisse hat es mit sich gebracht, daß der von allen Kennern und Freunden des schönen Werkes mit Ungeduld erwartete Schlußband erst jetzt erscheinen konnte. Er enthält den Abschluß der Bearbeitung der dikotylen Blütenpflanzen von den Myrtales bis zu den Compositen und die gesamten Monokotyledonen. Wie in den vorigen Bänden, so hat Verf. es auch in dem vorliegenden verstanden, den an sich etwas trockenen und spröden Stoff der systematischen Übersicht durch seine vorzügliche Darstellungsart und durch die Berücksichtigung zahlreicher morphologischer, biologischer und pflanzengeographischer Einzelheiten zu beleben und dem Belehrung suchenden Leser nahe zu bringen, wozu auch das überaus reiche und hervorragend schöne Material an teils schwarzen, teils farbigen Abbildungen wesentlich beiträgt. Es liegt in der Natur der Sache, daß ein solches Buch in erster Linie als Nachschlagewerk und weniger zu zusammenhängender Lektüre geeignet ist; als solches aber erfüllt es durch seinen reichhaltigen Inhalt seinen Zweck in ausgezeichnete Weise und stellt als Seitenstück zu den im gleichen Verlage erschienenen Neuausgaben des Kernerschen Pflanzenlebens und des Brehmschen Tierlebens eine in ihrer Weise ebenso klassische und dankenswerte Bereicherung der Literatur dar.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

Engler, A., Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), im Auftrage der Preussischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben. Heft 81: *Euphorbiaceae-Phyllanthoideae-Phyllanthaceae*, 349 S. und 138 Einzelbilder in 26 Fig. von F. Pax und Käthe Hoffmann. Leipzig, W. Engelmann, 1922.

Von der großen Formenfülle der Euphorbiaceen oder Wolfsmilchgewächse geben die wenigen Vertreter der Familie, die in der mitteleuropäischen Flora sich finden und die zum überwiegenden Teile nur der einen großen Gattung *Euphorbia* angehören, nur ein sehr unvollkommenes Bild. Erst in den wärmeren Regionen der Erde gelangen sie zur vollen Entfaltung und bieten hier dem Systematiker wie dem Pflanzengeographen eine Fülle von interessanten, aber auch schwierigen Problemen; soweit es sich dabei um die spezielle Systematik der Familie handelt, ist es in noch höherem Maße als der der Artenwahl nach beträchtliche Umfang einzelner großer Gattungen die ungewöhnlich große Zahl der Genera, die eine scharfe und klare Gliederung ebenso wie die Verfolgung und Darstellung der mannigfach verschlungenen Linien der phylogenetischen Entwicklung beträchtlich erschwert. Auch in dem vorliegenden neuen Heft der großen Paxschen Monographie der Familie kommen diese Verhältnisse zum Ausdruck. Es ist der Unterfamilie der Phyllanthoideae gewidmet, von denen der weitaus größte Teil der Formen sich in der Tribus der Phyllanthaceae sammendrängt, so daß hier eine Aufteilung in insgesamt 16 Subtribus sich als notwendig erweist, von denen nur

die Phyllanthinae und Glochidiinae in diesem Heft noch keine Berücksichtigung finden. Von den bearbeiteten 14 Gruppen, die insgesamt 42 Gattungen umfassen, sind die Antidesminae mit 14 Gattungen die größte, auch einige große Gattungen (*Baccaurea* mit 61, *Aporosa* mit 62, *Antidesma* mit 146 Arten) gehören ihr an, während die übrigen meist nur eine oder einige wenige Gattungen kleineren bis mittleren Umfanges (nur *Drypetes* zählt 138 Arten) umfassen. Der Verbreitung nach gehören die behandelten Formkreise in der Hauptsache den Tropen beider Hemisphären an, wobei insbesondere auch die Flora des tropischen Afrika an mehreren reich beteiligt ist; nur die Gattung *Andrachne* ist auch im Mittelmeergebiet vertreten, besitzt aber insgesamt ein weites Areal, das einerseits bis Ostasien, andererseits bis zum tropischen Amerika reicht und so das hohe phylogenetische Alter der Gattung erkennen läßt. Auf weitere Einzelheiten kann hier nicht wohl eingegangen werden, erwähnt sei nur, daß jeder Subtribus eine kurze Zusammenfassung der allgemein-morphologischen und anatomischen Charaktere vorangestellt wird und daß die geographische Verbreitung sehr eingehend nicht nur für die einzelnen Arten, sondern auch durch zusammenfassende Übersichten für die größeren Gattungen und Subtribus zur Darstellung gelangt.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Das Verhältnis der Eiggröße zur Körpergröße des Vogels.

Im Heft 49 des vorigen Jahrgangs dieser Zeitschrift ist über eine Untersuchung O. Heinroths berichtet worden, der Beziehungen zwischen der Eiggröße und der Körpergröße im Gewicht ausgedrückt nachgegangen ist. Trotz seiner aner kennenswerten Ergebnisse hat er doch wohl keine durchgehenden Gesetzmäßigkeiten feststellen können. Ich glaube, daß dies mit einem Bedenken zusammenhängt, das wir prinzipiell solchen Versuchen gegenüber erheben müssen.

Es handelt sich nämlich bei einem Vogelei nicht um eine reine Eizelle, sondern um eine Eizelle, dem Dotter, vom Eiernstock her stammend, plus den sekundären Eihüllen, dem Eiweiß und der Schale, welche vom Eileiter erzeugt werden. Für die Bildung des Embryos kommt fast ausschließlich der Dotter in Betracht, das Eiweiß wegen seines Wasserreichtums unerheblich, die Schale gar nicht. Wenn also Beziehungen zwischen Ei- und Körpergröße bestehen, dürften sie wohl eher zwischen Dotter- und Körpergewicht zu suchen sein, während die Hüllen füglich außer acht gelassen werden können. Gestützt wird dieser Einwand durch die Tatsache, daß das Verhältnis des Dottergewichts zum Eigewicht in der Reihe der Vögel kein konstantes ist!

Freilich können wir dies mit keinem großen Datenmaterial belegen. Denn merkwürdigerweise haben die Ornithologen, trotz der großen Mengen von Vogeleiern, die zu Sammlungszwecken durch ihre Hände gingen, selten die Gewichte festgestellt. Heinroth konnte sich durch seine glückliche Entdeckung helfen, daß das Gewicht der wassergefüllten Eischale fast dem natürlichen Eigewichte gleicht. Aber für die Einzelgewichte: Dotter, Eiweiß, Schale sind wir auf die kleine Tabelle Tarchanoffs (Pflügers Arch. Phys. 33, 1881, S. 303 bis 378; Bronn Kl. u. O. Tierr. VI, 4, 1. Abt., S. 372) angewiesen. Ich habe daraus das Prozentverhältnis des

Dotters zum Vollgewicht des Eies berechnet und folgende Zahlen gefunden:

Cotyle riparia 18,7, *Ruticilla phoenicea* 20, *Aedon luscinia* 20, *Fringilla canaria* 17,6, *Turdus sp.* 23, *Corvus corax* 17, *Corvus frugilegus* 11,2, *Columba domestica* 22—23,4, *Crex pratensis* 33,7, *Numida meleagris* 37,5, *Vanellus vanellus* 33—33,3, *Passer domesticus* 14,3, *Meleagris gallopavo* 35,2, *Anas domesticus* 36,3—47,4, *Anser domesticus* 44,5, *Gallus domesticus* 29,3—32,2.

Es zeigt sich, trotz der Kleinheit der Reihe, daß das Eigewicht nichts über das Dottergewicht aussagt. Darum glaube ich, daß bei Untersuchungen, wie sie im Titel bezeichnet sind, dieses Verhalten des Dotters nicht übergangen und statt seiner das Eigewicht nicht benutzt werden kann. Das Problem wird dadurch vielleicht komplizierter, aber wie mir scheint, den natürlichen Verhältnissen näher gebracht.

Prag, den 23. Januar 1923. *Ludwig Freund.*

Über die antikatalytische Wirkung der Blausäure.

Wenn wir an die Oberfläche von Blutkohle, an der Leucin oder Oxalsäure katalytisch verbrennen, eine sehr kleine Menge Blausäure bringen, so wird die Verbrennung gehemmt, ohne daß eine Verdrängung von Leucin oder Oxalsäure nachweisbar ist. Das Phänomen — die „spezifische“ Wirkung der Blausäure — ist von Interesse, weil sich die lebende Zelle in vieler Beziehung ähnlich verhält, erlischt doch die Atmung oder die photochemische Assimilation der Kohlensäure, wenn wir eine sehr kleine Blausäuremenge an die adsorbierenden Oberflächen der Zelle bringen.

Da Blausäure mit Schwermetall reagiert und da die Blutkohle Schwermetall (z. B. Kupfer und Eisen) enthält, liegt es nahe, die Wirkung der Blausäure als eine Bindung von katalytisch wirksamem Schwermetall aufzufassen. Die Richtigkeit dieser Vermutung wird, wie mir scheint, durch folgende Versuche bewiesen:

Erhitzt man „Blutkohle“, ein kompliziertes Gemisch von Kohlenstoff, Salzen und anderen Stoffen, mit Salzsäure im Bombenrohr, so wird ein Teil des Schwermetalls extrahiert. Die zurückbleibende schwermetallärmere Kohle adsorbiert noch gut und ist noch imstande, Oxydationen zu katalysieren. Doch werden diese Oxydationen erheblich weniger durch Blausäure gehemmt, als an der Oberfläche der nichtextrahierten Blutkohle.

Andererseits kann man aus kristallisiertem Rohrzucker Kohle herstellen, die fast reiner Kohlenstoff und insbesondere fast frei von Schwermetall ist. Derartige Präparate adsorbieren gut und sind auch oxydationskatalytisch wirksam. Doch werden die Oxydationen an der Oberfläche dieser Kohle durch Blausäure nicht mehr spezifisch gehemmt.

Nachstehende Tabelle mag diese Verhältnisse illustrieren. Mit v_1 ist die Oxydationsgeschwindigkeit (von Leucin oder von Oxalsäure) in der blausäurefreien Kontrolle bezeichnet, mit v_2 die Oxydationsgeschwindigkeit (von Leucin oder von Oxalsäure) bei Gegenwart von Blausäure. Die adsorbierte Blausäuremenge ist in allen Fällen gemessen und gleich gefunden worden.

Je weniger Schwermetall also eine Kohle enthält, um so geringer ist die antikatalytische Wirkung der Blausäure. —

Ist nun die Katalyse durch Blutkohle eine Schwermetallkatalyse, so muß man sich fragen, wie damit die Tatsache zu vereinbaren ist, daß auch schwermetallfreie Kohle katalytisch wirkt.

Zuckerkohle, in Wasser suspendiert, bindet Sauerstoff in lockerer Form. Blutkohle besitzt diese Eigen-

schaft so gut wie nicht. Wird sie jedoch im Bombenrohr mit Salzsäure erhitzt, so gewinnt sie die Eigenschaft, Sauerstoff zu binden.

Tabelle.

Kohlepräparate	mg Fe :g Kohle	Leucin	Oxal-
		$\frac{v_1}{v_2}$	säure $\frac{v_1}{v_2}$
Blutkohle	0,26	31	5
Blutkohle, mit Säure extrahiert	0,07	7	2
Zuckerkohle	0,02	1,6	1
Zuckerkohle	0,005	1,1	1

Offenbar ist in der Blutkohle — die etwa 5 % Asche enthält — der Kohlenstoff durch Salze vor Selbstoxydation geschützt. Säure in der Hitze entfernt Salze und legt damit Kohlenstoff der Blutkohle frei. Es tritt dann zu der katalytischen Wirkung des Schwermetalls eine katalytische Wirkung des Kohlenstoffs, zu einer durch Blausäure hemmbaren Wirkung eine durch Blausäure nicht hemmbare Wirkung.

Das beiden Katalysen Gemeinsame ist vermutlich nichts anderes als die Bindung — und damit die Aktivierung — des molekularen Sauerstoffs, sei es an Kohlenstoff, sei es an Schwermetall. Daß Aminosäuren gegenüber aktiviertem Sauerstoff empfindlich sind, kann man zeigen, wenn man Leucin und Wasserstoffsuperoxyd — in verdünnter wäßriger Lösung, bei schwach alkalischer Reaktion und bei Zimmertemperatur — zusammenbringt. Das Leucin wird dann unter Desamidierung zerstört. Denkt man sich also den an Kohlenstoff oder an Schwermetall gebundenen Sauerstoff in ähnlicher Weise aktiviert wie im Wasserstoffsuperoxyd, so ist das Verhalten der Aminosäuren an Kohle auf bekannte chemische Vorgänge zurückgeführt.

Berlin-Dahlem, den 2. Februar 1923.

Otto Warburg.

Zur Geschichte des optischen Glases.

Die Geschichte des optischen Glases ist in dieser Zeitschrift des öfteren von Herrn von Rohr behandelt worden. Allgemein zusammenfassend läßt sich sagen, daß auch auf diesem Gebiete wie auf so vielen anderen der Wissenschaft und Technik der Fortschritt immer wieder von einzelnen, in ihrer Art genialen Persönlichkeiten ausging, daß aber diese wie es regelmäßig beim Genie der Fall ist und gewissermaßen einen Teil seines Wesens ausmacht, des zähen Fleißes und der unermüdlichen Verfolgung ihrer Ziele nicht entraten konnten. Je nachdem die Glasindustrie einzelner Industriestaaten von den neuen Gedanken befruchtet wurde, blühte die Herstellung des optischen Glases dort auf. Das muß nicht immer das Heimatland des Erfinders sein, denn wie m. W. hier dargelegt wurde, zog infolge eines besonderen Umstandes Frankreich die Vorteile aus *Fraunhofers* Erfindungen auf glastechnischem Gebiete, wie umgekehrt z. B. das saure (sog. Thomas-) Verfahren der Herstellung von Flußeisen und Stahl von England ausging, aber in Deutschland, besonders im nunmehr verlorenen lothringisch-luxemburgischen Eisenerzbezirke die ausgedehnteste Anwendung fand. Doch genug davon.

Hier soll vielmehr in wenig Worten auf ein Hemmnis hingewiesen werden, das jahrzehntelang die Entwicklung der Herstellung optischen Glases in Großbritannien hinderte, obwohl zweifelsohne im ältesten

Industrielande der neuesten Zeit alle übrigen Vorbedingungen dafür gegeben waren, namentlich die frühe Erschließung der Steinkohlenlager, die geübte Arbeiterschaft und der hohe Stand der gewerblichen technologischen Kenntnisse. Seltsamerweise erscheint der hier zu erwähnende Umstand, soweit ich sehe, Herrn von Rohr unbekannt geblieben zu sein. Es verlohnt aber, darauf hinzuweisen, um so mehr, als die jüngste deutsche Steuergesetzgebung auf dem besten Wege ist, die wissenschaftliche und technologische Forschung, die ohnehin unter der Ungunst der Zeitverhältnisse ganz ungeheuerlich leidet, in ähnlicher Weise zu erschweren, allerdings in einem weit größeren Umfange, da hier viel größere und ausgedehntere Gebiete betroffen werden. Es handelt sich im Falle Großbritanniens um die Verbrauchsbesteuerung auf Glas, die mindestens seit dem Jahre 1800 in England bestand. (Den genauen Zeitpunkt ihrer gesetzlichen Einführung habe ich nicht feststellen können; doch wurde schon im Jahre 1800 darüber geklagt, daß die „Glasakzise“ in Verbindung mit den sie umgebenden Kontrollmaßnahmen gegen Hinterziehung den Aufschwung der britischen Glasindustrie hemme. *William Smart*, *Economic annals of the nineteenth century*, 1801–1820, Macmillan 1910, S. 21.) Beseitigt wurde sie mit mehr als tausend anderen Zöllen und „Akzisen“ bei der großen Finanzreform unter Sir Robert Peel anlässlich der Aufhebung der Getreidezölle und des Überganges zu gemäßigttem Freihandel in den vierziger Jahren (1846). Diese Steuer wie andere ähnliche auf Kohle, Ziegel, Bausteine, Leder, Seife, Papier, Zeitungen, Lichte u. a. m. hatten nur sehr wenig eingebracht, aber teils durch die damit verbundenen umständlichen Kontrollmaßnahmen, teils durch Verteuerung der Produktion die Entwicklung der Industrie gehemmt (*Ad. Wagner*, *Finanzwissenschaft*, 3. Band, 1889, Seite 278/79). Hinsichtlich des nachteiligen Einflusses der Glasakzise auf die Herstellung optischen Glases im besonderen berichtet *Norman Lockyer*, Die Beobachtung der Sterne einst und jetzt, übers. von G. Siebert, bei Vieweg 1880, Seite 333: „Der alte Ruf, dessen sich die zur Zeit von Dolland und Tubley in England hergestellten Linsen erfreuten, war infolge der auf Glas lastenden Abgaben, welche Experimente in der Glasfabrikation unmöglich machten, verloren gegangen.“ Und in einer Anmerkung am Fuße der Seite fügt er hinzu: „Es ist nicht zuviel gesagt, daß die Abgaben auf Glas die optische Kunst in England schwer geschädigt haben. Wir waren lange Jahre genötigt, das für Fernrohre erforderliche Glas aus Frankreich oder Deutschland zu beziehen; die größten Objektivilinsen in Greenwich, Oxford und Cambridge stammen sämtlich aus dem Auslande.“ Es ist zu beachten, daß hier wie so oft im sozialen Leben mit wegfallender Ursache nicht auch die Wirkung sofort schwand, wenn diese erkenntniskritisch ungenau, aber die Sache gut kennzeichnende Ausdrucksweise gestattet ist. Denn zur Zeit als Lockyer die angeführten Sätze schrieb, war die die englische Glasindustrie hemmende Verbrauchsabgabe schon seit Jahrzehnten beseitigt; aber sie hatte die Herstellung optischen Glases auf die Dauer geschwächt.

Ganz Ähnliches, nur in ungeheuer viel größerem Umfang, droht neuestens bei uns, seitdem der Spiritus zu wissenschaftlichen, technischen und pharmazeutischen Zwecken nicht mehr in nennenswertem Ausmaß von der Monopolbelastung des Trunkbranntweins freigelassen wird, wie es bis vor kurzem der Fall war. Die Gefahr ist viel größer als seinerzeit in

England, weil bekanntlich Alkohol so gut wie zu allen biologischen, medizinischen und ähnlichen Untersuchungen verwendet werden muß. Es kommt hinzu, daß ohnehin die unseren Forschungsinstituten zur Verfügung stehenden Mittel in den meisten Fällen völlig unzureichend sind. Selbst wenn in einzelnen Fällen Mißbräuche vorgekommen sein sollten: der volkswirtschaftliche Schade, der durch Erschwerung der Forschung aus der Verteuerung des Alkohols erwachsen kann, wird viel tausendmal größer sein als der finanzielle Ausfall, der der Staatskasse hier droht, so daß auf die Dauer auch die Staatsfinanzen bei der Freilassung des zu diesen Zwecken dienenden Spiritus viel besser fahren würden. Was das Schlimmste ist: nachdem der Schade einmal eingetreten ist, läßt er sich durch Aufhebung der hier bekämpften Maßregel nicht beseitigen; es ist möglich, daß die Wirkung noch jahrzehntelang andauert. Hierauf möchte ich hingewiesen haben. Die Leiter unserer Forschungsinstitute sollten alles daran setzen, damit eine derartige Maßregel baldigst beseitigt werde, bevor sie schon stärkeren Schäden angerichtet hat, weil es dann, wie die Erfahrung lehrt, zum größten Teil schon zu spät ist.

Göttingen, den 5. Februar 1923.

Joseph Bergfried Eßlen.

* * *

Herr Eßlen wünscht bei biologischen, medizinischen und ähnlichen Untersuchungen eine Schädigung durch die Monopolbelastung des Alkohols zu vermeiden, und ich glaube, daß man sich seinem Wunsche anschließen muß, wenn diese Steuerbelastung zu hoch ist.

Zum Vergleich macht er auf eine entsprechende Hemmung aufmerksam, die in England durch die alte „Glasakzise“ mindestens von 1800 bis 1846 ausgeübt worden sei. Ihren schädlichen Einfluß auf die Glaserzeugung belegt er durch eine mir augenblicklich unzugängliche gleichzeitige Quelle sowie durch Schriften von *Ad. Wagner* (1889) und *N. Lockyer-G. Siebert* (1877–1880) und macht mir den Vorwurf, der Tatbestand der Steuer sei mir seltsamerweise unbekannt geblieben.

Dieser Vorwurf ist — mit Verlaub — nicht zutreffend, denn ich habe 1916 (*D. O. W.* 1, 404, r. 3. Abschnitt) darauf hingewiesen, daß seit 1824 die Arbeiten des englischen Glasausschusses von der Regierung durch Steuererlaß, bare Zuschüsse und Stellung einer Hilfskraft unterstützt worden seien. Leider war das Ergebnis nicht sehr lohnend, und man gab die Arbeit auf. Immerhin aber hat der in der Geschichte des optischen Glases wohl bekannte *W. V. Harcourt* 1836 zu Versuchen mit der Glasherstellung eine merkwürdige Unterstützung von der englischen Naturforscherversammlung erhalten, so daß auch hiernach in der Zeit während der Glasakzise der Forschungstrieb in England nicht vollständig erstickt worden ist.

Was nun die Nachwirkung der Glasakzise angeht, so erlaube ich mir eine aus dem Frühjahr von 1849 stammende Aussage eines Fachmannes in der Glasbearbeitung in wörtlicher Übersetzung anzuführen.

„*Simms*, Über die Erzeugung optischen Glases in England. *Month. Not.* 1849, 9, 147/8 (13. IV.).

„Es ist wohl bekannt, daß die Schwierigkeit, die bisher mit der Herstellung achromatischer Fernrohre von großer Öffnung in unserm Lande verbunden war, von dem schlechten Zustande unserer Flintglaserzeugung her stammt; und sie blieb ungeachtet der Anstrengungen, die man von Zeit zu Zeit zu ihrer Verbesserung machte, so mangelhaft in

allen zur Herstellung eines guten Fernrohres notwendigen Eigenschaften, daß ich nach meiner Erinnerung nur zweimal von Erfolg gekrönt war in meinen Bemühungen, damit tadellose Objektive von nur 8,9 cm ($3\frac{1}{2}$ in.) Öffnung auszuführen.

„Wir haben daher unser Flintglas vom Festlande bezogen, und obwohl man sehr klare Scheiben zwischen 10 und 23 cm (4 und 9 in.) Durchmesser erhielt, so machte doch die erste Auslage für die Scheiben von dem ausländischen Erzeuger und die darauffolgende Gefahr, daß sich nach dem Aufwande vieler Arbeit doch kein vollkommener Erfolg einstelle, einen so hohen Preis für das fertige Stück notwendig (um die Arbeit überhaupt lohnend zu machen), daß einerseits die Optiker abgeschreckt wurden, sich mit so kostspieligen und gewagten (meistenteils auch verlustbringenden) Aufgaben abzugeben und daß andererseits die Astronomen trotz glühendem Eifer für die Wissenschaft bisher gehindert wurden, ihr mit Vorteil zu dienen.

„Die Mitglieder dieser Gesellschaft und die Liebhaber der Himmelsforschung in unserem Lande im allgemeinen wird die Kunde erfreuen, daß dieser Zustand nicht länger besteht. Nach vieler Arbeit und sicherlich bedeutenden Kosten hat das Haus von *Chance and Co.* in *Birmingham*, unterstützt von einem ausländischen Fachmann, erfolgreich Flintglas für optische Zwecke hergestellt, das, soweit ich nach meinen Versuchen urteilen kann, durchaus nicht dem allerbesten nachsteht, das früher von dem älteren *Guinand* hergestellt wurde. Neben einzelnen Stücken von kleinen Ausmaßen habe ich aus diesem Rohstoff zusammen mit dem seit langem ausgezeichneten Kronglas dieses Hauses ein Objektiv von 15,2 cm (6 in.) Durchmesser angefertigt und habe dabei wohl so wenig Mühe gehabt, wie es eine Arbeit dieser Art überhaupt zuläßt. Ich bin bei dem Versuch mit einem Glas von einer viel größeren als der oben genannten Öffnung, und das Ergebnis dieser Probe, an deren erfolgreichem Ausgang ich nicht zweifle, soll zu rechter Zeit der Gesellschaft mitgeteilt werden.“

Danach hat ein Fachmann drei Jahre nach Aufhebung der Glasakzise eine Schädigung durch diese gar nicht erwähnt. Auch *Abbe* hat 1879, gestützt auf seine Erfahrungen seit dem Ende der sechziger Jahre, die Abwesenheit wirklicher Fortschritte in der Glaserzeugung des Auslandes nicht mit der Nachwirkung einer vor einem Menschenalter aufgehobenen Steuer, sondern mit der Ausschaltung jeglichen Wettstreits erklärt. Meine Leser werden es verstehen, wenn ich — bei aller Freude über eine tatsächliche Berichtigung meiner Irrtümer — die hemmende Wirkung der Glasakzise weniger hoch anschlage als die der besonderen Schwierigkeiten bei der Glaserzeugung.

Jena, den 16. Februar 1923.

M. v. Rohr.

Physikalische Mitteilungen.

Über einen Zusammenhang zwischen den Spektren des ionisierten Kaliums und des Argons. (P. Zeeman u. H. W. Dik, Konink. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam Band 25, S. 67, 1922.) Der Zusammenhang, der nach der Bohrschen Atomtheorie besteht zwischen dem Bogenspektrum eines Elementes, d. h. dem Spektrum, das vom neutralen Atom emittiert wird, und dem Funkenspektrum des im periodischen System folgenden Elementes, wobei unter Funkenspektrum das vom einfach ionisierten Atom emittierte Spektrum zu

verstehen ist, wird von *Sommerfeld* und *Kossel* als spektroskopischer Verschiebungssatz bezeichnet, der aussagt, daß das Funkenspektrum eines Elementes seiner Struktur nach gleich ist dem Bogenspektrum des im periodischen System vorangehenden Elementes. Diese Beziehung, die ihren präzisesten Ausdruck in der vollständigen Wasserstoffähnlichkeit des Helium-Funkenspektrums findet, ließ sich bei Elementen höherer Atomnummern, besonders gut bei den Funkenspektren der Erdalkalien prüfen, die den Bogenspektren der Alkalimetalle vollkommen analog sind und wie diese typische Dubletts zeigen. Nach dem Verschiebungssatz müßten die Funkenspektren der Alkalimetalle den Bogenspektren der Edelgase ähnlich sein. Hier ließ sich diese Gesetzmäßigkeit bisher nur ganz roh qualitativ insofern nachweisen, als die Funkenspektren der Alkalimetalle, die Goldsteinschen Grundspektren, wie auch die Bogenspektren der Edelgase (vom Helium abgesehen) beide sehr komplizierte, aus sehr vielen Linien bestehende Spektren sind. Eine Einordnung in Serien ist bisher nur beim Spektrum des Neon gelungen, eine erstaunliche Leistung, die wir *Paschen* verdanken.

Die zu besprechende Arbeit von *Zeeman* und *Dik* stellt nun den ersten Ansatz zu einer schärferen quantitativen Formulierung des Zusammenhanges zwischen Funkenspektren der Alkalien und Bogenspektren der Edelgase dar, der nun merkwürdigerweise nicht, wie man bei der genauen Kenntnis des Neonspektrums erwarten sollte, zwischen den Spektren von Neon und Na⁺, sondern zwischen denen von Argon und ionisiertem Kalium gefunden wird. Unsere Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten im Bogenspektrum des Argon ist relativ gering und beschränkt sich auf die von *Rydberg* zuerst gefundenen und von *Paulson* vermehrten Linien mit konstanten Frequenzdifferenzen. Diese haben bei Argon folgenden Charakter: Sei *A* die Frequenz (Wellenzahl in cm⁻¹) einer Linie des Spektrums, so lassen sich zu dieser Linie häufig 3 andere finden, deren Frequenzen *B*, *C* und *D* gegeben sind durch die Beziehung:

$$B = A + 846,1$$

$$C = A + 1649,3$$

$$D = A + 2256,1$$

Es bestehen also nicht nur zwischen *A* einerseits, *B*, *C* und *D* andererseits, sondern auch zwischen *B* und *C*, wie auch zwischen *C* und *D*, konstante Frequenzdifferenzen, die sich im ganzen Spektrum wiederholen, und von den Verff. in Tabellen wiedergegeben werden.

Das Funkenspektrum des Kaliums ist nun neuerdings von verschiedenen Seiten, auch von *Dik*, neu vermessen worden und die Verff. finden nun auch in diesem Gesetzmäßigkeiten von ganz ähnlicher Art wie beim Bogenspektrum des Argon. Es treten auch hier wieder Linien mit konstanten Frequenzdifferenzen auf, und zwar gibt es zu einer Linie, deren Frequenz *P* sei, im allgemeinen wieder 3 andere Linien mit den Frequenzen *Q*, *R* und *S*, derart, daß

$$Q = P + 847$$

$$R = P + 1695$$

$$S = P + 2542$$

ist. Da nahezu $1695 = 2 \times 847$ und $2542 = 3 \times 847$ ist, so sind hier auch die Differenzen zwischen *Q* und *R* und zwischen *R* und *S* dieselben wie zwischen *P* und *Q*. Auch diese Gesetzmäßigkeit ist tabellarisch wiedergegeben und zieht sich durch das ganze Funkenspektrum. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß die Differenz 847 wieder nahezu übereinstimmt mit der Differenz $B - A = 846,1$ im Argonspektrum. Diese Tatsache gewinnt

noch an Interesse, wenn wir uns nun einer Arbeit von A. Pannekoek (Bull. of the Astron. Inst. of the Netherlands Nr. 21, S. 127, 1922) zuwenden, der im Spektrum der Sonnenkorona Linien mit ähnlichen konstanten Frequenzdifferenzen findet, und zwar 2 Gruppen von Linien, wobei im Mittel (die Messungen haben nicht die Genauigkeit wie bei irdischen Spektren) in der ersten Gruppe die konstante Differenz wieder 847, in der zweiten Gruppe 890 ist. Pannekoek stellt nun die Behauptung auf, daß diese Linien zum Spektrum des doppelt ionisierten Calciumatoms gehören, eine Annahme, die vom astrophysikalischen Standpunkte aus unter Zugrundelegung der Theorie von Saha durchaus gerechtfertigt erscheint und auch durch von Pannekoek selbst angestellte Überlegungen über die Ionisation der Sonnenatmosphäre gestützt wird. Vom rein physikalischen Standpunkte muß man aus dem Auftreten derselben Frequenzdifferenz 847 bei den Spektren von Argon und K^+ annehmen, daß die Frequenzdifferenz von der Atomnummer, oder Kernladungszahl unabhängig und nur durch die ähnliche Anordnung der 8 Elektronen des sogen. M-Ringes bestimmt ist. Da nun das doppelt ionisierte Calciumatom, das seine beiden zum N-Ring gehörigen Elektronen verloren hat, in seiner äußeren Konfiguration durchaus argon-ähnlich ist, so sind in sinnemäßiger Erweiterung des Sommerfeld-Kosselschen Verschiebungssatzes bei seinem Spektrum ähnliche Gesetzmäßigkeiten wie beim Argon zu erwarten. Wenn die Hypothese von Pannekoek richtig ist, so stellt dies den ersten Fall dar, in dem Linien eines doppelt ionisierten Atoms identifiziert worden sind.

Fragen wir schließlich nach der atomtheoretischen Bedeutung der in den genannten Spektren gefundenen Gesetzmäßigkeiten, so läßt sich nur soviel sagen, daß die konstanten Frequenzdifferenzen selbstverständlich Energiedifferenzen zwischen Quantenzuständen entsprechen. Um welche Quantenzustände es sich nun aber handelt, läßt sich zurzeit nicht sagen, dazu müssen die Spektren noch weiter entwirrt und die Linien in Serien eingeordnet werden, was, wie die Erfahrung beim Neon zeigt, sicher möglich sein wird.

W. Grotrian.

Die Struktur des LiH. (Bijvoet und Karssen, Proc. Amst. 25, 27, 1922.) Mit Hilfe der bekannten Pulvermethode von Debye und Scherrer wird die Kristallstruktur von LiH untersucht. Besondere Schwierigkeiten bereitet der Umstand, daß das Präparat während der Aufnahme, die mit der K_α -Linie des Cr. erfolgt, 15 bis 20 % seines Gewichtes verliert. Es werden Proben verschiedenen H-Gehalts aufgenommen: die Stellung der LiH-Linien erwies sich unabhängig von Verlust an H-Gehalt.

Aus der Übereinstimmung der Werte von

$$\frac{\delta}{\sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

für die verschiedenen Linien folgt, daß LiH dieselbe Struktur besitzt wie NaCl. Kantenlänge des Elementarwürfels: $a = 4,10 \text{ \AA}$. Daraus folgt für die Dichte $0,76 \pm 0,01$.

Es wurde untersucht, ob die Intensität der Linien auf die Elektronenanordnung schließen läßt, und zwar unter der Annahme, daß es sich um Steinsalz oder um Zinkblendetyp handle.

Unter Berücksichtigung des Strukturfaktors wurden folgende Möglichkeiten geprüft:

1. Das Valenzelektron verbleibt bei seinem Mutterkern;

2. Li hat sein Valenzelektron an das H-Atom abgegeben;

3. Die Bindung zwischen Li und H erfolgt durch Elektronenringe, deren Bahnen kreisförmig sind, und deren Ebene senkrecht steht auf der Würfeldiagonale.

Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

A) Zwischen jedem Paar Li- und H-Kernen liegt ein Ring mit zwei Elektronen (Molekulargitter)

• ○ • ○ • ○ • ○ • ○ (→ Würfeldiagonale).

B) Zwischen Li und H, aber auch zwischen H und Li, liegt ein Ring mit je einem Elektron:

• ○ ○ • ○ ○ ○ • ○ ○ (→ Würfeldiagonale)

Dem Umlauf der Elektronen um den Kern wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

1. Die Elektronen befinden sich in so großer Kernnähe, daß sie praktisch mit ihm zusammenfallen (Punktgitter).

2. Die Elektronen bewegen sich auf Kugelschalen vom Radius ρ (Kugelatome).

3. Die Elektronen bewegen sich auf Kreisbahnen vom Radius ρ , deren Ebenen senkrecht auf der Würfeldiagonale stehen.

Nach Debye kommen die von den einzelnen Elektronen gestreuten Strahlen zur Interferenz; aus der resultierenden Intensität kann auf die Elektronenkonfiguration geschlossen werden. Die Wärmebewegung wurde nicht berücksichtigt.

Die beste Übereinstimmung mit den beobachteten Linienintensitäten erhält man unter Annahme folgenden Atommodells: Li^- wie H^+ sind ionisiert. Je zwei Elektronen umkreisen auf derselben Kreisbahn den Kern, die Bahnebene steht senkrecht auf der Würfeldiagonale. Der Bahnradius mißt für Li 0,05 a , für H 0,6 a .

Von Seiten des Referenten sei bemerkt:

Die vorstehend besprochene Arbeit ist wohl die erste, die den Versuch macht, aus der Intensität von Röntgeninterferenzen auf die Stellung des Wasserstoffs im Kristallverband, und sogar noch darüber hinaus auf das Atommodell des Wasserstoffs zu schließen.

Hinsichtlich des Versuchs, das Wasserstoffmodell zu erschließen, muß aber bemerkt werden, daß, falls der Radius der Elektronenbahn hier wirklich 0,6 a wäre, die Elektronenbahnen, die zu benachbarten Kernen gehören, stark übereinander greifen. Es müßte in diesem Falle die Wechselwirkung benachbarter Elektronenbahnen auf den resultierenden Interferenzeffekt berücksichtigt werden. Die Interferenzwirkung innerhalb des Atomverbandes allein zu berücksichtigen, ist nur zulässig, solange der Atomdurchmesser klein ist gegen den Abstand vom Nachbaratom. Es läßt nichts darauf schließen, daß dieser Umstand von den Autoren berücksichtigt wurde.

Die Beugung von Röntgenstrahlen in Flüssigkeiten.

(W. H. Keesom und J. de Smedt, Proc. Amst. 25, 118, 1922.) Die Untersuchung von Substanzen mit Hilfe der Röntgenstrahlen in flüssigem oder festem Zustande bei niedrigen Temperaturen ist deshalb von Interesse, weil die meisten dieser Substanzen eine einfache chemische Struktur besitzen; im Gaszustande sind ihrer einige ein- oder zweiatomig. In den meisten Fällen bestehen ihre Moleküle aus Atomen mit nur wenigen Elektronen.

Als Camera diente eine gewöhnliche, aber evakuierte Debye-Scherrer-Camera. Als Träger der Substanz diente ein Röhrchen aus Aluminiumblech von 0,015 mm Dicke und 3 mm Durchmesser oder ein Glas-

röhren von 0,0025 bis 0,01 mm Wandstärke und 2 mm Durchmesser. Beide bildeten das untere Ende eines größeren Gefäßes, das die Flüssigkeit aufnahm. Bei tiefen Temperaturen war dieses ein Dewargefäß.

Nachstehende Tafel zeigt die Ergebnisse. Es bedeuten:

φ Winkel zwischen einfallendem und gebeugtem Strahl,
 a Abstand interferierender Partikel,
 M Molekulargewicht
 d Dichte.

Substanz	φ in °	a in Å	$1,33 \sqrt{\frac{M}{d}}$
Sauerstoff	27	4,0	4,0
Argon	27	4,0	4,1
Benzol	18	6,05	5,9
Wasser	29	3,75	3,6
Äthylalkohol	22	4,9	5,2
Äthyläther	19	5,7	6,2
Ameisensäure	24	4,5	4,5

Diese Substanzen zeigen alle einen deutlichen Beugungsring. Wasser, Sauerstoff und Argon zeigen noch einen schwächeren, größeren, mit $\varphi = 46^\circ$, 46° und 49° .

Der Abstand a interferierender Partikel stimmt mit dem Abstand benachbarter Moleküle überein, wenn wir uns diese als Mittelpunkte dichtest gepackter Kugeln denken. Diesen Abstand zeigt die letzte Spalte der Tafel. Die kleinen Unterschiede werden Abweichungen von der Kugelgestalt zugeschrieben.

Für Benzol wurde ebenfalls Übereinstimmung zwischen a und dem Abstände benachbarter Molekülzentren erwiesen, wenn man sich diese als dichtest gepackte Kugeln vorstellt. Diese Auffassung steht im Gegensatz zu Debye und Scherrer, die ihre Interferenzen an Benzol den Atomen im Molekülverbände zuschreiben.

Die Verfassers nehmen an, daß auch die Flüssigkeitsmoleküle in Gruppen mehr oder minder regelmäßig angeordnet seien. Das kann geschehen unter dem Einfluß derselben Kräfte, die unterhalb des Schmelzpunktes die kristalline Struktur bedingen. Auf diese Weise werden z. B. die beiden Ringe des Argon erklärt. Die Argonatome bilden gruppenweise ein kubisch raumzentriertes Gitter. Die beobachteten Ringe entsprächen dann Reflexionen an den Ebenen (110) und (211); die Würfelkante betrüge 4,65 Å, der Abstand zweier benachbarter Atomzentren wäre gleich 4,0 Å wie in der Tafel*).

Die Arbeit ist deshalb besonders wertvoll, weil die Autoren besonders untersuchten, inwieweit sich a ändert, wenn die Durchmesser der Elektronen-Kugelschalen vergleichbar werden mit dem Abstand der Zentren. Kommen die Moleküle einander so nahe, daß sie sich berühren, so wird a um 10 % kleiner.

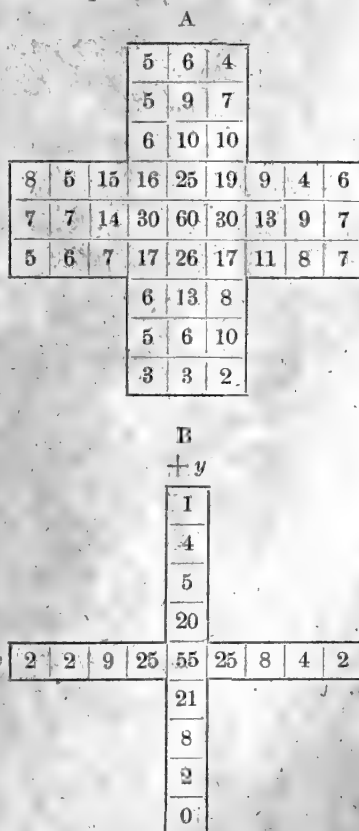
Zur Erklärung für den äußeren, schwächeren Beugungsring wird bei Wasser angenommen, daß eine relativ große Zahl von Molekülpaairen mit unternormalem Abstand vorkommt; bei Sauerstoff und Argon ist er solchen Molekülpaairen zuzuschreiben, deren Moleküle

einander berühren. Die Zahl solcher Paare mit unternormalem Abstände ist aber beim Sauerstoff und Argon geringer als beim Wasser.
H. Küstner.

Astronomische Mitteilungen.

Offene Sternhaufen bildeten den Gegenstand eines Referates (Naturw. 1923, Heft 1), an dessen Schluß ich die Hoffnung aussprach, daß uns bald eine erweiterte Untersuchung über dieses bisher nur wenig beachtete Gebiet geschenkt werden möge. Bis zu einem gewissen Grade, leider aber noch nicht erschöpfend, erfüllt eine inzwischen erschienene Publikation des Lunder Observatoriums diese Hoffnung: Sigfrid Raab, *A research on open clusters* (Medd. Lund II 28). In der Methode eigenartig und interessant wie alles, was aus Charliers Schule kommt, ist die Arbeit in ihren Ergebnissen zum mindesten problematisch und wird sicherlich noch Anlaß zur Diskussion geben. Die Hauptpunkte mögen im Folgenden kurz beleuchtet werden:

1. Bestimmung der Durchmesser. Sie wird bei den Haufen von einiger Ausdehnung (Durchmesser größer als etwa $10''$) auf Abzählung der Sterne gegründet. Als Material werden dabei durchwegs die Franklin-Adams-Karten benutzt, als Instrument eine Lupe mit quadratischer Feldeinteilung. Die Methode wird am besten an folgendem Beispiel klar.



Die direkte Abzählung der in den einzelnen Feldern (von etwa $5,6$ Seitenlänge) vorhandenen Sterne liefert für Messier 37 das unter A wiedergegebene Schema. Aus den Zahlen in den äußersten Feldern findet man die mittlere Anzahl der „Hintergrundsterne“ zu 5,0. Nach deren Abzug verbleiben in den aufeinander senkrechten Felderreihen durch den Mittelpunkt des Haufens die Zahlen unter B übrig, welche der Berechnung der „Dispersion“ σ zugrunde gelegt werden. Diese sta-

* Nach Ansicht des Ref. liegt hier ein Widerspruch vor. Denn nach der Tafel mißt der Abstand a zweier interferierender Partikel 4 Å. Das ist aber der Abstand längs (111) und nicht (110). Andererseits folgt tatsächlich, wenn man das Bragg'sche Reflexionsgesetz $n\lambda = 2d \sin \alpha$ in erster Ordnung ($n=1$) heranzieht, für die Ebenen (110) der Winkel $\varphi = 2\alpha = 27^\circ$.

tistische Größe ist z. B. für die x -Richtung definiert durch:

$$\sigma_x^2 = \frac{[x^2 F]}{[F]} - \left(\frac{[x F]}{[F]} \right)^2$$

Darin ist x die Nummer des Feldes, F die Anzahl der Sterne in ihm und die eckigen Klammern sind die bekannten Summationszeichen. Der Durchmesser eines Haufens in einer bestimmten Richtung ist dann nach einer früheren Bemerkung *Charlars* gleich der 5- bis 6fachen Dispersion. In unserem Falle gibt das Schema B:

$$\sigma_x = 7,50 \quad \sigma_y = 6,66$$

$$\text{oder } d_x = 37,50 - 45,00 \quad d_y = 33,30 - 40,00$$

Im Mittel $d = 35' - 43'$ unter Andeutung einer kleinen Asymmetrie.

Es interessiert hier natürlich der Vergleich mit den Ergebnissen *Trumplers*. Ich stelle die den beiden Arbeiten gemeinsamen Haufen zusammen.

	<i>Trümpler</i>	<i>Raab</i>	<i>T/R</i>
Praesepe	6°	2° 35	2,5
NGC 752	4,2	1,0	4,2
NGC 6633	2,2	0,6	3,7
Melotte 210	3,2	1,3	2,5
h Persel	0,8	0,8	1,0

Wie man sieht, sind *Trumplers* Durchmesser bis um das Vierfache größer als die *Raabs*. Der ganzen Anlage nach scheinen mir *Trumplers* Werte das größere Vertrauen zu verdienen. Ich bemerke z. B., daß ich für Messier 35 nach *Trumplers* Methode auch etwa einen doppelt so großen Durchmesser erhielt als *Raab* ihn angibt.

2. Die Entfernung der offenen Haufen spielt die weitaus größte Rolle in der vorliegenden Arbeit. Die Methode ist in kurzen Zügen die folgende. Sie gründet sich vor allem auf die in den Haufen vorkommenden B- und A-Sterne, deren absolute Helligkeiten als im Mittel überall dieselben und mit hinreichender Genauigkeit bekannt angenommen werden. Für die B-Sterne entscheidet sich *Raab* für den Wert $M_0 = -2,02$ (in 1 Sirmeter Entfernung), während er für die A-Sterne $M_0 = -0,2$ annimmt. Kennt man noch die mittlere scheinbare Helligkeit dieser Sterne in einem gegebenen Haufen, dann kann die Entfernung ohne weiteres abgeleitet werden. Da der Henry-Draper-Katalog nur in einer geringen Anzahl von Fällen herangezogen werden kann, so betrachtet *Raab* — in ziemlich anfechtbarer Weise — einfach 80 % aller Haufensterne heller als 9,5 als A-Sterne, ebenso 65 % der Sterne zwischen 9,5 und 10,5 und 52 % der Sterne zwischen 10,5 und 11,5. Aus den Anzahlen und den scheinbaren Helligkeiten werden die mittleren Helligkeiten nach einer bekannten Formel von *Kapteyn* abgeleitet. Im ganzen stecken in den Voraussetzungen sowohl wie in der Anwendung der Methode so viele Unsicherheiten, daß es mir zweifelhaft erscheinen will, ob der sicherlich große Aufwand an Arbeit und Sorgfalt der Zuverlässigkeit der Ergebnisse entspricht. Der Vergleich mit den Arbeiten anderer Astronomen führt auch hier zu ungelösten Widersprüchen. Auf der einen Seite steht *Schouten*, der nach einer im Prinzip gleichen Methode etwa 3- bis 4fach kleinere Entfernungen findet, auf der anderen *Shapley*, dessen Distanzen im Mittel 2- bis 4mal größer sind. Analog wie bei den Kugelhaufen schwanken also auch hier die Entfernungen zwischen zwei Extremwerten, die sich um eine Zehnerpotenz voneinander unterscheiden.

3. *Raab* findet folgende Zusammenhänge zwischen den Durchmessern der Haufen und einigen anderen

Eigenschaften. Es ist der Korrelationsfaktor zwischen scheinbarem Durchmesser und

- a) mittlerer Helligkeit der hellsten Sterne überhaupt: $-0,57 \pm 0,09$,
- b) mittlerer Helligkeit der hellsten A-Sterne: $-0,49 \pm 0,11$,
- c) Entfernung: $-0,69 \pm 0,10$.

4. Eine wertvolle Beigabe stellen 26 Tafeln dar, auf denen die meisten der bearbeiteten Haufen nach den Franklin-Adams-Karten reproduziert sind. Wenn auch für weitere Abzählungszwecke nicht geeignet, da durch die Reproduktion natürlich einiges verloren ging, so geben die Bilder doch ein gutes Anschauungsmaterial und lassen erkennen, welche verschiedenartige Objekte unter den offenen Haufen sich vorfinden.

H. Kienle.

Die diffusen Milchstraßennebel. Die Ergebnisse einer größeren Untersuchung von E. Hubble über diese Nebel sind physikalisch von ganz besonderem Interesse. Neben Vorschlägen über eine einfache Klassifikation der kosmischen Nebel und neben einer Darstellung der Verteilung der galaktischen Nebel in bezug auf die Symmetrieebene der Milchstraße enthält die Arbeit vor allem eine vergleichende Untersuchung der Spektren der diffusen Nebel und der in den Nebeln eingelagerten Sterne. Von den bis jetzt in bezug auf ihr Spektrum untersuchten diffusen Milchstraßennebeln besitzen 33 ein kontinuierliches Spektrum, gelegentlich mit einzelnen hellen oder dunklen Linien, 29 ein Emissionsspektrum (vor allem Nebulium und Wasserstoff). Das Emissionsspektrum ist also keineswegs, wie man früher annahm, bei den diffusen Nebeln vorherrschend.

Die Sterne innerhalb der Nebelmaterie zeigen eine deutliche Abhängigkeit vom Spektralcharakter des Nebels. Sterne in Nebeln von kontinuierlichem Spektrum zählen durchweg zu einer späteren Spektralklasse (B 1 und später) als die Sterne, die in Nebeln mit Emissionsspektren sich befinden (Spektralklasse Oe 5 bis B 0). Auch zeigen die Sternspektren der ersten Gruppe weitgehende Übereinstimmung mit dem kontinuierlichen Nebelspektrum, während bei den Sternen in Nebeln mit Emissionsspektrum eine solche Übereinstimmung nicht vorhanden ist. Eine Ausdehnung der Untersuchung auf die planetarischen Nebel, die ebenfalls der Milchstraße angehören, zeigt auch hier einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Art des Nebels und dem Spektraltypus des vom Nebel eingehüllten Zentralsterns. Die Zentralsterne kleiner planetarischer Nebel sind Wolf-Rayet-Sterne, diejenigen großer planetarischer Nebel stehen zwischen Wolf-Rayet-Typus und Oe 5.

Aus diesen Beobachtungstatsachen geht zweifellos hervor, daß alle galaktischen Nebel mit Sternen räumlich verbunden sind, und daß die Spektren der Nebel und der Sterne in ursächlichem Zusammenhang miteinander stehen. Nur bei den diffusen Nebeln mit kontinuierlichem Spektrum wird man annehmen können, daß deren Licht reflektiertes Licht der Sterne ist. Die Nebel mit Emissionsspektrum dagegen müssen durch die bei ihnen stehenden Sterne zum Selbstleuchten angeregt werden. Eine solche Emissionsanregung kann offenbar nur durch Sterne von besonders hoher Temperatur erfolgen. Während jedoch die Zentralsterne der planetarischen Nebel dauernde Bestandteile der letzteren sind, hat es den Anschein, daß die Sterne in den diffusen Nebeln diesen nur vorübergehend angehören.

A. Kopff.

3) Astrophys. Journal Vol. 56, S. 162, 1922, sowie Mount Wilson Contributions Nr. 241.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 10. (Seite 165—188.)

9. März 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Struktur und Deformation der Elektronenhüllen in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen. Von *K. Fajans, München*. S. 165.

Einige Arbeiten aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie. Von *R. O. Herzog, Berlin-Dahlem*. (Mit 8 Abbildungen.) S. 172.

Besprechungen:

Wessely, Karl, Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen. Von *A. Brückner, Jena*. S. 180.

Driesch, Hans, Geschichte des Vitalismus. 2. Auflage. Von *Erich Becher, München*. S. 180.

Lieske, Rudolf, Bakterien und Strahlenpilze. Von *R. O. Neumann, Hamburg*. S. 181.

Noeller, W., Die wichtigsten parasitischen Protozoen des Menschen und der Haustiere. Teil I. Von *V. Jollos, Berlin-Dahlem*. S. 182.

D'Hérelle, F., Der Bakteriophage und seine

Bedeutung für die Immunität. Von *U. Friedemann, Berlin*. S. 182.

Botanische Mitteilungen. S. 183—187.

Studien über den Phototropismus der Pflanzen: Über Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen von Luft- und Wasserspalten; Sekundäre Geschlechtsmerkmale bei Brandspitzen. Eine neue Methode der Wachstumsregistrierung. Über die Ernährung der grünen Halbschnurotzer. Die Fangvorrichtung der Utriculariablase. Über die Lärchenmykorrhiza: Über die Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen Blütenstielbewegungen. Kulturversuche mit isolierten Wurzelspitzen.

Physiologische Mitteilungen. S. 187—188.

Die Geschwindigkeit der Pulsweite des Menschen. Der Stoffwechsel im Hunger und bei Unterernährung. Die trophische Innervation. Über die Einwirkung der Kriegskost auf die Basedowsche Krankheit.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Soeben erschienen:

Analyse und Konstitutionsermittlung organischer Verbindungen

Von Dr. Hans Meyer

o. ö. Professor der Chemie an der Deutschen Universität zu Prag

Vierte, vermehrte und umgearbeitete Auflage

Mit 360 Figuren im Text (XXXVI, 11915 S.)

G.Z. 56; gebunden G.Z. 62.

Fürs Ausland: 64; gebunden 68 Schweizer Franken

(Bildet den Ersten Band vom **Lehrbuch der organisch-chemischen Methodik**)

Soeben erschienen:

Die quantitative organische Mikroanalyse

Von Fritz Pregl

Dr. med. und Dr. phil. h. c., o. ö. Professor der medizinischen Chemie und Vorstand des medizinisch-chemischen Instituts an der Universität Graz. Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Wien

Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage

Mit 42 Textabbildungen (VIII, 217 S.)

Gebunden G.Z. 12

Fürs Ausland: 12 Schweizer Franken

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 1200.— M. für März 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 300.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 2020 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Soeben erschienen:

Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen

Rektoratsrede anlässlich der 340. Stiftungsfeier der Universität Würzburg

Gehalten in der Aula am 11. Mai 1922 von

Dr. Karl Wessely, Professor der Augenheilkunde

GZ. I

Die Grundzahl (G. Z.) entspricht den ungefähren Vorkriegspreisen und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Aerztliche Gesellschaft für Sexualwissenschaft und Eugenetik

veranstaltet am 15. und 16. März (Donnerstag und Freitag) 7¹/₂ Uhr abends im Hygienischen Institut der Universität Berlin (Dorotheenstr. 8a) eine 2tägige Sitzung mit dem Thema

Konstitution und Sexualität.

Referenten:

1. Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Fr. Kraus**, Berlin:
Geschichte und Wesen des Konstitutions-Problems.
2. Prof. Dr. **R. Goldschmidt**, Dahlem:
Die biologischen Grundlagen der sexuellen Konstitution.
3. Prof. Dr. **E. Kretschmer**, Tübingen:
Die Psychologie und Pathologie der sexuellen Konstitution.
4. Prof. Dr. **Hübner**, Bonn:
Sexualkonstitution und Rechtsleben.

Außerdem werden folgende Einzelvorträge gehalten:

1. Prof. Dr. **Mathes**, Innsbruck:
Die Sexualkonstitution in der Gynäkologie.
2. Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Posner**, Berlin:
Die Sexualkonstitution in der Andrologie.
3. Prof. Dr. **R. Mühsam**, Berlin:
Die Sexualkonstitution in der Chirurgie.
4. Prof. Dr. **G. Peritz**, Berlin:
Keimdrüsen und Zentralnervensystem.
5. Dr. **M. Hirschfeld**, Berlin:
Die intersexuelle Konstitution des Mannes und des Weibes.

Zuschriften an den Vorsitzenden

Dr. Max Hirsch, Berlin W 30, Motzstr. 34 (Nollendorf 3355).

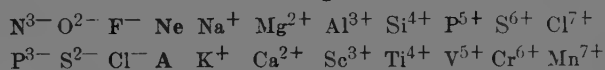
Struktur und Deformation der Elektronenhüllen in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen¹⁾.

Von K. Fajans, München.

1. *Einleitung.* Eine große Reihe von Tatsachen spricht überzeugend für die Auffassung, daß bei der chemischen Betätigung der Ionen, Atome und Moleküle eine oft ausschlaggebende Rolle ein Faktor spielt, der bis jetzt fast gar nicht in den Kreis chemischer Betrachtungen gezogen wurde und der in einer Deformation der normalen Elektronenhüllen der sich betätigenden Gebilde besteht.

Wir wollen hier hauptsächlich die Deformation der Ionen behandeln. Nach W. Kossel (1916) soll die überwiegende Mehrzahl der anorganischen Verbindungen aus Atomionen aufgebaut sein. Wenn auch die weiteren Überlegungen zeigen werden, daß in vielen der von Kossel in dieser Weise betrachteten Stoffe die Deformation der Ionen so weitgehend ist, daß man nicht berechtigt ist, sie als heteropolar aufzufassen, wollen wir doch von der Betrachtung der Atomionen ausgehen, weil dadurch die Übersicht der sich für die Deformation ergebenden Gesetzmäßigkeiten erleichtert wird.

Die Bildung von Atomionen hängt bekanntlich nach Kossel und G. N. Lewis (1916) mit dem Bestreben der Elektronenhüllen zusammen, bestimmte stabile Konfigurationen zu erreichen, als welche vor allem die der Edelgase mit acht Außenelektronen zu erwähnen ist. So haben z. B. folgende Atomionen die Elektronenkonfiguration des Neon- bzw. Argonatoms:

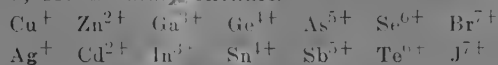


Diese die Stabilität bedingende Konfiguration der Elektronen besteht nach N. Bohr (1922) bei den Edelgasen in einer Kombination von je 4 bestimmt orientierten kreisförmigen und elliptischen Bahnen, auf welchen die äußeren Elektronen sich um den Kern des Atoms bewegen.

Eine andere wichtige Gruppe von positiven Ionen ist die, welche der Konfiguration des Cu^+ ,

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Münchener Chemischen Gesellschaft am 25. Januar 1923. Die in dem Vortrag nur kurz besprochenen Gesichtspunkte und Resultate werden demnächst in mehreren Arbeiten, die gemeinsam mit den Herren H. Beutler, A. Holstamm, G. Joos und A. Scott in der Zs. f. Physik und in der Zs. f. physik. Chem. publiziert werden sollen, näher erläutert und begründet, sowie durch ein ausführliches Tatsachen- und Zahlenmaterial belegt werden.

Ag^+ , Au^+ entspricht und die 18 Außenelektronen (Bohr, H. Grimm) enthält.



Auch die Außenelektronen aller anderen Ionen, die nicht die Edelgaskonfiguration besitzen, z. B. Cu^{++} , Ni^{++} usw., bestehen höchstwahrscheinlich aus einer 8 übersteigenden Zahl von Elektronen.

Nähern sich entgegengesetzt geladene Ionen einander, so kommen sie, wie M. Born und A. Landé gezeigt haben (1918), in einer Entfernung zum Stillstand, in welcher die Anziehungskraft der entgegengesetzten Überschußladungen gerade der Abstoßungskraft der Elektronenhüllen gleich ist. Unter sehr vereinfachten Annahmen über die Lage der Außenelektronen ließ sich (Fajans, K. F. Herzfeld, 1920) ableiten, daß in den aus Ionen vom Edelgastypus bestehenden Alkalihalogeniden die Elektronenhüllen der unmittelbar benachbarten Ionen durch erhebliche Zwischenräume getrennt sind. Auf Grund der Born-Landéschen Theorie läßt sich weiterhin voraussehen, daß die Hülle etwa eines Halogenions näher an die Hülle eines Kations heranrücken kann, wenn diese aus mehr als 8 Elektronen besteht, als wenn sie den Edelgastypus aufweist. Diese Resultate gelten für undeformierbare Hüllen; sobald man die Deformation berücksichtigen will, muß man sich zunächst mit der qualitativen Betrachtung der Tatsachen begnügen.

Die Annahme der Deformation der Elektronenhüllen ist bereits in einigen Fällen herangezogen worden, die Beziehungen zu den Folgenden aufweisen. Auf Betrachtungen von F. Haber (1919) und A. Reis (1920) werden wir noch zurückkommen. Hier sei aber schon auf den wichtigen Gedanken von P. Debye (1920) hingewiesen, der die van der Waalsschen Anziehungskräfte etwa zwischen zwei Edelgasatomen auf die gegenseitige Polarisation (Deformation) ihrer Elektronenhüllen zurückführt. Das Lichtbrechungsvermögen (Molekularrefraktion) des Gases hängt aber ebenfalls von der Leichtigkeit ab, mit der die Elektronenhüllen seiner Moleküle durch Licht deformierbar sind, und es ist bemerkenswert, daß Debye bei Edelgasen usw. einen Parallelismus zwischen der Größe der van der Waalsschen Kräfte und der Molekularrefraktion findet. Wenn auch die weiter zu betrachtenden Deformationen wahrscheinlich mit der von Debye behandelten wesensgleich sind, handelt es sich bei uns um Kraftwirkungen, die aus gleich zu ersehenden Gründen um das Vielfache die van der Waalsschen Kräfte übertreffen.

2. *Optische Eigenschaften als Maß der Deformierbarkeit.* Es sei nun zunächst auf Grund der Resultate einer gemeinsam mit G. Joos ausgeführten Arbeit die Deformierbarkeit verschiedener Elektronenhüllen verglichen, wie sie sich aus dem spärlichen Material über die optischen Eigenschaften (Molekularrefraktion für unendlich lange Wellen oder die aus Dispersionsmessungen ermittelte Eigenfrequenz, die ein Maß für die Festigkeit der Bindung der Elektronen vorstellt) ergab. Man findet zunächst $\text{Ne} < \text{A} < \text{Kr} < \text{Xe}$. Die Deformierbarkeit der Edelgashüllen nimmt mit steigender Atomgröße zu. Dementsprechend ergibt sich aus Messungen von Heydweiller und seiner Schüler an Lösungen für Anionen mit Edelgasschalen $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$. Die Reihenfolge, in der die Deformierbarkeit der Halogenionen zunimmt, ist dieselbe, in der die Elektronenaffinität der betreffenden Atome fällt. Weiterhin folgt $\text{K}^+ < \text{A} < \text{Cl}^-$ (A. Wasastjerna), und es ist im allgemeinen die Deformierbarkeit der Anionen um so viel größer als die der Kationen, daß wir bei den weiteren, nur die erste Orientierung bezweckenden Betrachtungen die Deformation der Kationen außer acht lassen können. Das Resultat der erwähnten direkten Messungen können wir unbedenklich verallgemeinern; z. B. zu den Reihen $\text{Ne} < \text{F}^- < \text{O}^{2-} < \text{N}^{3-}$ oder $\text{O}^{2-} < \text{S}^{2-} < \text{Se}^{2-}$. Von großer Bedeutung für das Folgende ist die Deformation der Elektronenhülle eines Anions, wenn an dieses ein H-Kern angelagert wird. Daß hier eine besonders starke Deformation des Anions anzunehmen ist, haben schon Haber und Reis aus später noch zu besprechenden Tatsachen geschlossen. Optisch ergibt sich nun, daß diese Deformation eine sehr weitgehende Stabilisierung der Elektronenhülle der Halogenionen bedingt, und daß somit z. B. $\text{HCl} < \text{Cl}^-$ ist. Es ist nun naheliegend, auch diese Feststellung zu verallgemeinern und anzunehmen $\text{O}^{2-} > \text{OH}^- > \text{H}_2\text{O}$, eine Annahme, die uns gleich das Verständnis vielfältiger Tatsachen erleichtern wird. Schließlich sei die wiederum direkt optisch geprüfte Reihe angeführt: $\text{Ne} < (\text{FH}) < \text{OH}_2 < \text{NH}_3$.

Resultiert in den eben erwähnten Fällen der Anlagerung des H-Kerns eine Verfestigung der Elektronenhülle, so ist im Gegensatz dazu als allgemeinere Erscheinung festzustellen, daß die Elektronen des Anions durch Annäherung des Kations gelockert werden. Es fehlen zwar exakte optische Messungen, aber schon die Erscheinungen der Farbe ergeben hier viele wertvolle Aufschlüsse.

3. *Farbe.* Wie bereits J. Meisenheimer (1921) hervorgehoben hat, findet man oft bei salzartigen anorganischen und organischen Verbindungen eine Farbvertiefung von Chlorid zum Jodid. So sind z. B. die Chloride von Pb^{++} und Hg^{++} farblos, die Jodide gefärbt, was Meisenheimer auf eine mit dem Radius des Anions steigende Verzerrung seiner Elektronenhülle zu-

rückführt. Auch die Farbe der Oxyde und Sulfide wird von ihm im Sinne einer besonders leichten Deformierbarkeit von O^{2-} und S^{2-} gedeutet.

Diese Erscheinungen sind offenbar so zu verstehen, daß, während die normale, farblose Elektronenhülle der Halogenionen, des O^{2-} -Ions usw. erst im Ultraviolett absorbiert, durch die anziehende Wirkung des Kations die Elektronenbahnen in der Weise deformiert und gelockert werden, daß die betreffenden Elektronen schon unter der Wirkung des sichtbaren Lichtes Quantensprünge auszuführen vermögen. Man kann die Erscheinung als einen *Starkeffekt* betrachten, der ja gewöhnlich bei schwereren Atomen eine Verschiebung der Linien nach Rot bedingt und der in den betrachteten Fällen, infolge des intensiven elektrischen Feldes in der Entfernung von 10^{-8} cm vom Kation so deutlich in Erscheinung tritt. Daß die Bahn der Elektronen des Anions dabei in der Richtung zum Kation herübergezogen wird, folgt sehr anschaulich aus dem Verhalten etwa der Cuprisalze. Das wasserfreie CuSO_4 oder CuF_2 ist farblos, woraus man schließen muß, daß das freie Cu^{++} ebenfalls farblos ist. Die braungelbe Farbe des CuCl_2 muß deshalb die Folge der Deformation der Cl^- -Ionen sein. Entsprechend der stärkeren Deformierbarkeit des Br^- - und I^- -Ions findet man, daß das CuBr_2 bereits schwarz ist, während das CuJ_2 bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt nicht mehr existenzfähig ist, weil die Deformation des J^{2-} durch das Cu^{++} so stark ist, daß sein Elektron ganz zum Kation herübergezogen wird, unter Bildung von CuJ und J. Aus der Tatsache, daß auch $\text{Cu}(\text{CN})_2$ und $\text{Cu}(\text{NO}_2)_2$ im festen Zustande nicht existenzfähig sind, können wir dann den für das Folgende wichtigen Schluß ziehen, daß CN^- und NO_2^- leicht, bis zum Verlust eines Elektrons, deformierbar sind.

Eine weitere Konsequenz dieser Auffassung ist nun, daß man die blaue Farbe des Cu^{++} in wäßriger Lösung und in allen Hydraten auf die Deformation der Elektronenhülle des Wassers, die viel intensivere und abweichende Farbe in ammoniakalischer Lösung auf die Deformation der lockereren Elektronenhülle des NH_3 usw. zurückführen muß. Die bereits von Meisenheimer

²⁾ Es sei erwähnt, daß den Ausgangspunkt der hier entwickelten Theorie die vor einiger Zeit geäußerte Auffassung bildete, nach der der primäre Vorgang bei der im Licht stattfindenden Zersetzung des AgBr , ganz analog zu dem oben betrachteten Zerfall des CuJ_2 , in dem Übergang eines Elektrons vom Bromion zum Silberion des Gitters besteht, eine Auffassung, die sich in den kürzlich mitgeteilten Versuchen von W. Frankenburg und in einigen von ihm gezogenen weiteren Konsequenzen gut bewährt hat. — Über die Lage der Elektronenbahnen speziell in homöopolaren Molekülen hat C. A. Knorr eine weiter noch zu erwähnende Ansicht geäußert, deren Durchbildung in gemeinsamen Diskussionen auch für die oben erwähnte Vermutung über die Art der Orientierung der Bahnen in deformierten heteropolaren Stoffen von Wert war.

hervorgehobene Tatsache, daß die Oxyde meistens tiefer gefärbt sind als die entsprechenden Hydroxyde, ist nun auf Grund dieser Auffassung verständlich: erstens kommt das O^{--} infolge der höheren Ladung näher an das Kation heran als das OH^- , zweitens ist nach dem obigen, infolge der Verfestigung durch den H-Kern, OH^- weniger deformierbar als O^{--} . Man sieht auch, daß die Frage, ob ein Kation Eigenfarbe besitzt, durch die Betrachtung seiner Salze mit besonders schwer deformierbaren Anionen (F^- , SO_4^{--} , ClO_4^-) zu beantworten ist. Man findet so, daß nicht nur das Cu^{++} , sondern auch Fe^{++} , Fe^{+++} farblos sind. Eine systematische experimentelle Untersuchung von Farbe der Ionen von diesem Standpunkte aus ist im Gange.

Von den Resultaten eines auf Grund des großen, bereits vorliegenden Materials mit H. Beutler unternommenen Vergleichs der deformierenden Wirkung verschiedener an sich farbloser Kationen auf die Anionen sei zunächst erwähnt, daß bei Kationen von Edeltypus diese Wirkung, soweit sie in Farberscheinungen sich bemerkbar macht, um so größer ist, je höher geladen das Kation ist und je kleiner sein Radius, d. h. je näher die Anionenhülle an die zentrale Ladung des Kations herankommen kann. Bis zu den dreiwertigen Kationen dieses Typus sind z. B. bei gewöhnlicher Temperatur alle Halogenide farblos. Bei vierwertigen macht sich bei dem kleinen Ti^{4+} die Farbe beim Bromid bemerkbar, bei dem größeren Zr^{4+} erst beim Jodid, während alle Halogenide des größten Th^{4+} farblos sind. Bei den fünfwertigen tritt die Farbe bei dem im periodischen System neben Zr stehenden Nb^{5+} und sogar noch bei dem größeren Ta^{5+} bereits beim Chlorid auf, um sich bei TaJ_5 bis zur Schwärze zu vertiefen.

Bei Kationen, die keine Edeltgashülle aufweisen, findet man nun ein davon stark abweichendes Verhalten, denn schon bei dem an sich farblosen Ag^+ ist das Bromid und Jodid³⁾ bei gewöhnlicher Temperatur gefärbt, das Oxyd und Sulfid schwarz. Als Grund für diesen Unterschied ist zunächst das schon früher erwähnte Resultat zu nennen, daß die Außenhülle eines Anions nicht so nahe an die Hülle eines Kations mit Edeltgashülle herankommen kann wie an die Hülle anderer Kationen. Dabei kann man daraus, daß Atome des Ag bzw. Cd wesentlich höhere Ionisierungspotentiale⁴⁾ und Resonanzpotentiale

haben, als entsprechend Na bzw. Mg schließen, daß in der Entfernung, bis auf welche Elektronen an die Hüllen der Ionen sich nähern können, bei Ag^+ bzw. Cd^{++} ein stärkeres elektrisches Feld herrscht als bei Na^+ bzw. Mg^{++} . Daß die Entfernung zwischen den beteiligten Ionen für die Stärke der Deformation von großer Bedeutung ist, zeigt übrigens die verbreitete Erscheinung der Farbvertiefung bei Erhöhung der Temperatur, z. B. bei $PbBr_2$ oder $AgBr$. Trotz der thermischen Ausdehnung des ganzen Kristalls kommen, worauf uns Herr Herzfeld freundlichst aufmerksam gemacht hat, bei höherer Temperatur, infolge der größeren Amplituden der Wärmeschwingungen, die Ionen zeitweise näher aneinander heran als bei einer tieferen Temperatur.

Mannigfache Tatsachen auf dem Gebiete der Farbe anorganischer Verbindungen scheinen jedoch dafür zu sprechen, daß neben diesen allgemeinen Faktoren noch spezielle, in besonderen Quantenzuständen sowohl der Anionen (bzw. der neutralen, komplex angelagerten Gruppen) als auch der Kationen begründete Faktoren eine wichtige Rolle für das Zustandekommen der Deformation spielen.

4. Gitterabstände. Wenn die Deformation der Anionen in einem Herüberziehen seiner Elektronenbahnen in der Richtung zum Kation besteht, so ist zu erwarten, daß auch das ganze deformierte Anion näher an das Kation herantreten wird als ein starres Anion von gleicher Größe. Das kommt sehr klar zum Vorschein bei dem Vergleich der in 10^{-8} cm ausgedrückten Gitterabstände der Halogenide des Natriumions einerseits, der des viel stärker deformierenden Silberions andererseits.

	F	Cl	Br	J
Ag	2,58	2,78	2,89	2,88
Na	2,32	2,81	2,98	3,23
Diff.	+ 0,26	- 0,03	- 0,09	- 0,40

Während bei den Fluoriden der Abstand beim Silbersalz wesentlich größer ist als beim Natriumsalz, ist bei den Jodiden offenbar infolge der starken Deformation des J^- durch das Ag^+ ausgeprägt das Umgekehrte der Fall. Die kleine Tabelle zeigt übrigens mit aller Klarheit, wie weitgehend in solchen Fällen die letzteren im Anschluß an W. L. Bragg oft herangezogene Vorstellung versagt, nach der jedem Atom eine bestimmte Wirkungssphäre zukommt. Man muß weiterhin schließen, daß entweder in den Gittern der Alkalihalogenide die äußersten Elektronenhüllen der Ionen durch weite Zwischenräume getrennt sind, was somit den in der Einleitung erwähnten theoretischen Schluß bestätigen würde,

nach von Hevesy die „Auflockerung“ um so weitgehender ist, je kleiner die Elektronenaffinität des Anions und je größer die Tendenz des Kations ein Elektron einzufangen, d. h. je größer sein Ionisierungspotential ist.

³⁾ In privaten Äußerungen wurde die Farbe des $AgBr$ von Herrn E. Zintl am hiesigen Laboratorium im Sinne der Lockerung der Elektronen der Bromionen gedeutet, von Herrn M. Volmer (Berlin) als ein Anzeichen dafür gehalten, daß $AgBr$ kein vollkommenes Ionengitter vorstellt.

⁴⁾ Es muß hier der sehr interessanten und anregenden Arbeit von G. von Hevesy (1922) gedacht werden, der hauptsächlich auf Grund der elektrolytischen Leitfähigkeit in Kristallen die „Auflockerung von Kristallgittern“ behandelt. Der nahe und leicht zu deutende Zusammenhang dieser Erscheinung mit den hier diskutierten Deformationen ergibt sich schon daraus, daß

oder daß bei starker Deformation des Anions (AgJ) die Bahnen seiner Elektronen in die Hülle des Kations einzudringen vermögen.

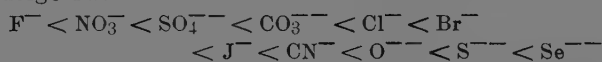
5. *Gitterenergie und Ionisierungsarbeit.* Von besonders großer Bedeutung für das Verständnis der chemischen Eigenschaften der Stoffe ist die Betrachtung des Einflusses, den die Deformation auf die energetischen Größen ausübt. Wenn starre gasförmige Ionen zu einem Salzgitter oder zu einem Molekül zusammentreten, so wird dabei Energie nach außen abgegeben (Bornsche Gitterenergie oder negative Ionisierungsarbeit), die zum überwiegenden Teil aus der Anziehungsarbeit der Überschußladungen herrührt; von dieser kommt in Abzug, als kleiner Bruchteil, die gegen die Abstoßungskräfte der Elektronenhüllen, hauptsächlich in den letzten Phasen der Annäherung zu leistende Arbeit. Läßt man nun nach Erreichen des fiktiven Gleichgewichts der starren Ionen den freiwilligen Vorgang der Deformation in Wirkung treten, so muß die Energieabgabe größer werden. Für den Fall des gasförmigen Chlorwasserstoffes ist bereits von *Haber* nachgewiesen worden, daß die bei seiner Bildung aus Ionen frei werdende Energie bedeutend die für ein starres Chlorion zu erwartende übertrifft. *Haber* deutet das als die Folge einer „Kernverschiebung“, erwähnt aber auch die Möglichkeit einer Deformation der Elektronenhülle. Es läßt sich zeigen, daß die Deformationsarbeit in diesem Falle von der Größenordnung von 100 kcal ist und etwa $\frac{1}{2}$ der gesamten Bildungswärme des HCl aus H^+ und Cl^- beträgt. Die Deformation läßt deshalb die sehr verschiedene Abstufung der *Bildungsenergien aus Ionen* bei den Halogeniden der Alkaliionen einerseits, bei den viel stärker deformierenden H^+ - oder Ag^+ -Ionen andererseits verstehen, eine Verschiedenheit, auf die für Kationen mit Hüllen verschiedenen Baues *H. Grimm* hingewiesen hat.

	F	Cl	Br	J
H	—	314	300	291
Ag	220	200	193	188
Diff.	1	19	25	32
Na	219	181	168	156

Wie aus der Tabelle, die die Energiewerte in kcal angibt, zu ersehen ist, übertrifft der Wert fürs Chlorid den fürs Jodid beim Na um 16 %, bei Ag und H nur um 6 bzw. 8 %. Zwischen Fluorid und Jodid sind die betreffenden Unterschiede 40 % bei Na und nur 17 % beim Ag. Das rührt offenbar daher, daß die Deformationsarbeit vom Fluorid zum Jodid wächst und beim Ag^+ und H^+ größer ist als beim Na^+ . Bei zweiwertigen Ionen findet man ähnliches. Während bei dem Ba^{++} vom Edeltypus die Gitterenergie des Cyanids nur um 8 kcal die des Chlorids übertrifft, beträgt der Unterschied bei dem stark deformierenden Hg^{++} infolge der viel stärkeren

Deformierbarkeit des CN^- im Vergleich zum Cl^- 50 kcal.

Auf Grund der Zusammenstellung des großen Materials der Bildungswärmen und Gitterenergien von *Grimm*, die von *A. Scott* vom Standpunkte dieser Mitteilung geordnet und fast auf das gesamte vorliegende Material ausgedehnt wurde, kann man den Satz aufstellen, daß im allgemeinen die *Gitterenergie eines Salzes mit Schwermetallkation (keine Edeltypus) um so mehr die eines gleichgeladenen Kations vom Edeltypus übertrifft, je deformierbarer das Anion ist.* So nimmt z. B. die Differenz der Gitterenergien pro 1 Grammatom zwischen Ag- und Na-Salzen von dem Wert 1 kcal beim Fluorid bis zu 60 kcal beim Selenid in folgender Reihenfolge zu:



Genau die gleiche Reihenfolge der Anionen findet man für das Ansteigen der Differenz der Gitterenergien zwischen Cd- und Ca-Salzen und mit kleinen Umstellungen allgemein für Kationen wie Tl^+ , Zn^{++} , Hg^{++} , Ni^{++} , Mn^{++} usw. bei ihrem Vergleich mit gleichgeladenen Kationen vom Edeltypus. Diese Reihenfolge entspricht aber im allgemeinen der der steigenden Deformierbarkeit der Anionen, wie man auf Grund der optischen Eigenschaften, speziell der Farbe, oder auf Grund der Beständigkeit der Salze leicht findet. Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, daß diese so verschiedene Abstufung der Gitterenergien bei Ionen verschiedenen Baues zum Teil wenigstens durch die Deformationsarbeit des Anions bedingt ist.

5. *Flüchtigkeit.* Daraus ergibt sich aber so gleich eine Konsequenz für die Flüchtigkeit salzartiger Verbindungen. Wenn die Deformationsarbeit im Molekül eines Salzes (etwa $HgCl_2$), infolge der einseitigen Beanspruchung des Anions, größer ist als im Gitter, wo das Anion von mehreren Seiten von Kationen umgeben ist, wird beim Verdampfen Deformationsenergie frei, die Sublimationswärme wird also kleiner als im Falle einer analogen Verbindung mit undeformierten Ionen. Auf diese Weise dürfte sich die Flüchtigkeit der Merkurihalogenide erklären. Auch die gute Löslichkeit solcher Salze wie $HgCl_2$, $CuCl_2$ usw. in organischen Lösungsmitteln steht wohl damit im Zusammenhang. Wahrscheinlich erklärt sich in derselben Weise die neuerdings von *H. v. Wartenberg* (1921) festgestellte Abstufung der Siedepunkte und Sublimationswärmen der Alkalihalogenide, deren auffallendste Abweichung von der für starre Ionen zu erwartenden Abstufung die höheren Werte für das KJ als für das NaJ bilden. Auch die von *Kossel* hervorgehobene Tatsache, daß, während $TiCl_4$ oder $SnCl_4$ viel leichter flüchtig als die entsprechenden Fluoride sind, die Bromide und Jodide wiederum steigende Siedepunkte aufweisen, ist zweifellos so zu verstehen: die Deformierbarkeit des F^- ist kleiner als die

der anderen Halogenionen, daher die dem Salztypus entsprechende Schwerflüchtigkeit der Fluoride. Bei den anderen Halogeniden verliert sich infolge der Deformation der Anionen der heteropolare Charakter, und das führt zu der für homöopolar gebaute Moleküle typischen und unschwer zu deutenden Flüchtigkeit. Daß der Siedepunkt vom Chlorid zum Jodid ansteigt, also in umgekehrter Reihenfolge wie bei heteropolar gebauten Stoffen, erklärt sich ungezwungen dadurch, daß hier die van der Waalsschen Kräfte den von *Debye* erkannten Charakter der Deformation der auf der Peripherie des Moleküls liegenden Elektronenhüllen der Halogenatome besitzen: die Deformierbarkeit steigt ja von Cl zu J.

7. *Löslichkeit und Komplexbildung.* Eine entscheidende Förderung erfährt durch die Berücksichtigung der Deformation das Problem der Löslichkeit der Salze. Die Betrachtung der Löslichkeit der Alkalihalogenide hat vor einiger Zeit zu dem bemerkenswerten Resultat geführt, daß sich die Ionen eines Salzes so verhalten, als ob sie um das hinzutretende Wasser konkurrieren würden, und daß sie um so leichter unter Bildung einer Lösung oder eines festen Hydrats (vgl. auch *M. Lambert*, 1923) auseinandergehen, je größer der Unterschied in ihrer hydrophilen Wirkung (Hydratationswärme) ist. So ist das KJ schwerer löslich als LiJ, weil J^- in seiner hydrophilen Wirkung in höherem Grade vom Li^+ als von K^+ übertroffen wird. Wie übrigens der mit *A. Holstamm* kürzlich durchgeführte Vergleich der Dampfdrucke der Lösungen zeigt, kommt die Konkurrenz der Ionen um das Wasser auch in den bereits fertigen Lösungen voll zur Geltung. Entsprechend der Abstufung der Löslichkeiten vermindert LiJ den Dampfdruck des Wassers wesentlich stärker als KJ von gleicher, nicht zu kleiner molarer Konzentration. Weiterhin tritt genau wie bei der Löslichkeit, auch bei der Dampfdruckdepression in der Reihe der Alkalichloride ein Minimum beim K-Salz auf usw. Offenbar besteht der physikalische Sinn der Konkurrenz darin, daß beide Ionen die Dipoleigenschaften aufweisende Wassermolekeln zu richten und anzulagern bestrebt sind, und daß die auf diese Weise zustande kommende Hydratation um so weitgehender und die dabei freiwerdende Hydratationswärme um so größer ist, je weniger das stärkere Ion in seiner Wirkung auf das Wasser durch seinen Partner gestört wird.

Auf sehr schwerlösliche Salze findet jedoch das Konkurrenzprinzip keine allgemeine Anwendung, denn in einer sehr verdünnten Lösung kann von der Konkurrenz der Ionen um das Wasser keine Rede sein. Nun nimmt bei sehr schwerlöslichen Salzen die Lösungswärme erhebliche negative Werte an und fällt, worauf *Herzfeld* neulich hingewiesen hat, im allgemeinen parallel mit der Löslichkeit. So ist die Lösungswärme des leichtlöslichen NaJ oder AgF positiv,

die des sehr schwer löslichen AgJ beträgt —26 kcal. Die Lösungswärme eines Salzes ist aber allgemein als die Differenz zwischen der bei der Auflösung der gasförmigen Ionen freiwerdenden Hydratationswärme und der zur Ionisierung des Gitters aufzuwendenden Energie zu betrachten. Der große Unterschied zwischen NaJ und AgJ kommt somit in der Weise zustande, daß, während die Gitterenergie des AgJ infolge der starken Deformation des J^- durch Ag^+ um 32 kcal größer ist als die des NaJ, die Hydratationswärme des Ag^+ nur um wenige kcal die des Na^+ übertrifft. Daß die stärkere Fähigkeit des Ag^+ , Elektronenhüllen zu deformieren, sich bei der Hydratationswärme, wenn überhaupt, so nur im geringen Maße bemerkbar macht, rührt daher, daß erstens die Elektronenhülle des Wassers, das ja als Dipol viel schwächer als ein Anion vom Kation angezogen wird, nicht nahe genug an dieses herankommt, und daß zweitens die Deformierbarkeit des Wassers relativ klein ist. Wir werden danach erwarten, daß mit steigender Deformation des Anions die Löslichkeit salzartiger Verbindungen abnimmt.

Betrachten wir die Salze der oben bei der Besprechung der Gitterenergie angegebenen Anionenreihe, so finden wir in der Tat, daß, während die Löslichkeit aller Na-Salze von derselben Größenordnung ist, die der Ag-Salze fast genau (kleine Umstellungen sind nur beim Cyanid wegen Komplexbildung und beim Oxyd wegen Hydroxydbildung nötig) in der angegebenen Reihenfolge abnimmt, und zwar von dem Wert 14 Mol Liter für AgF bis 10⁻¹⁶ Mol Liter für Ag₂S. Wir verstehen jetzt, weshalb die meisten gefährlichen Hydroxyde, Oxyde, Sulfide, Selenide, Nitride usw. der Schwermetalle schwer löslich sind und weshalb bei den Schwermetallsalzen die Löslichkeit fast allgemein von Chlorid zum Jodid fällt, worauf *Abegg* vor langer Zeit hingewiesen hat.

Wird das Gebiet der leicht löslichen Salze durch das Konkurrenzprinzip, das der sehr schwer löslichen mit gewissen Ausnahmen durch die Deformation beherrscht, so überschneiden sich im Zwischengebiet beide Faktoren, und sie werden wohl nicht unwesentlich zur Entwirrung des großen, die Löslichkeit betreffenden Materials beitragen.

Daß auch bei der Komplexbildung die Deformation eine sehr wichtige Rolle spielt, ergibt sich ja eindeutig aus der Tatsache, daß, wie die Anlagerung des Wassers oder Ammoniaks an das farblose Cu^{++} oder der CN^- -Ionen an die farblosen Fe^{++} , Fe^{+++} zeigt, die Komplexbildung mit bedeutenden Farbveränderungen verknüpft ist. Als weitere Stütze kann angeführt werden, daß einerseits die stark deformierenden Kationen der Schwermetalle typische Komplexbildner sind, andererseits besonders leicht solche Anionen oder Neutralteile angelagert werden, die leicht deformierbar sind, also CN^- , NO_2^- oder NH_3 . In

der Energiebilanz der Komplexbildung kommt der Deformationsenergie sicherlich eine beträchtliche Rolle zu, und die quantitative Behandlung dieses Problems auf rein elektrostatischer Grundlage kann nur zufällig zu richtigen Resultaten führen.

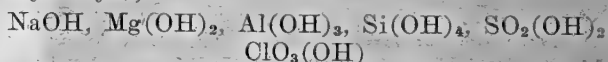
8. *Dissoziation in Lösungen.* Schließlich kommen wir zu dem Problem der Ionisation in Lösungen, das besonders für das Verhalten der Säuren und Basen von großer Bedeutung ist, da ja bei diesen Stoffen, im Gegensatz zu den fast durchweg gut dissoziierenden Neutralsalzen, alle Abstufungen der Dissoziationsfähigkeit zu finden sind. Betrachtet man Stoffe, die in dieser Hinsicht große Unterschiede aufweisen, so wird man annehmen können, daß die Stärke der Säuren und Basen ungefähr parallel den Dissoziationswärmen in Lösung verläuft, wobei diese Größe analog der Lösungswärme von der Ionisierungsarbeit des wasserfreien Moleküls und von der Hydratationswärme der Ionen abhängt. Jeder Faktor, der die erste Größe wesentlich erhöht, ohne die zweite beträchtlich zu beeinflussen, wird deshalb die Dissoziation verkleinern. Im Zusammenhang mit dem Obigen läßt sich deshalb verstehen, weshalb die Schwermetallkationen schwache Basen bilden, denn die Deformationsarbeit des OH^- im Molekül der Base ist jedenfalls erheblich größer als die des H_2O im hydratisierten Ion. Auch die von Kossel hervorgehobene Regel, daß die Hydroxyde im allgemeinen um so schwächere Basen bilden, je kleiner und je höher geladen das Kation ist, wird verständlich, denn diese Faktoren erhöhen die Deformation des OH^- .

Die Säuren sind nun das klassische Gebiet der Deformation, und es hat schon Reis im Anschluß an die Habersche „Kernverschiebung“ hervorgehoben, daß die starke Deformation, die der H-Kern hervorruft, für die Sonderstellung der H-Verbindungen mitverantwortlich zu machen ist. Die Dissoziation eines Säuremoleküls müssen wir uns so vorstellen, daß der H-Kern vom Anion weggeht, um an Wasser unter Bildung von H_3O^+ angelagert zu werden. Neben anderen Größen wird deshalb für die Abdissoziation des H^+ einerseits die bei der Dissoziation aller Säuren konstante Deformationsenergie des H_2O , andererseits die Deformationsenergie des Anions eine wichtige, und zwar infolge des sehr individuellen Charakters letzterer Größe eine oft ausschlaggebende Rolle spielen. Dies wird direkt durch die wichtigen Untersuchungen von A. Hantzsch und K. Schaefer bestätigt, die in vielen Fällen einen ausgesprochenen Unterschied im optischen Verhalten (Absorption) zwischen Anion und der undissoziierten Säure festgestellt haben, wobei dieser Unterschied im allgemeinen um so deutlicher hervortritt, je schwächer die Säure ist. Da die Größe der optischen Veränderung im großen und ganzen mit der Größe der Deformationsenergie steigen wird, ist dieser Zusammenhang verständlich. Um ein spezielles Beispiel herauszugreifen, betrachten

wir die Perchlorsäure und verstehen jetzt, weshalb sie die stärkste der bekannten Säuren ist. Denn die optischen Messungen von Heydweiller lehren, daß das Perchloration (ClO_4) $^-$ eine ganz besonders stabile Elektronenhülle besitzt, die somit bei Anlagerung eines H-Kerns relativ wenig Deformationsenergie liefern wird, so daß auch umgekehrt die Ionisierung der HClO_4 relativ wenig Energie verbraucht. Das Bestreben des H-Kerns der HClO_4 , an Wasser angelagert zu werden, ist so groß, daß die wasserfreie Säure nicht einheitlich ist, sondern ein Gemisch von Cl_2O_7 , HClO_4 und $\text{HClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ vorstellt. Es kann kaum zweifelhaft sein, daß diesem Hydrat die Konstitution $[\text{ClO}_4]^-[\text{H}_3\text{O}]^+$ zukommt.

Nach dem Obigen ist der von Hantzsch und Schaefer optisch festgestellte „Konstitutionsunterschied“ zwischen Säure und Anion zwangsläufig mit dem Vorgang der Dissoziation verknüpft, so daß die von diesen Autoren gemachte Annahme, die undissoziierte Säure könne selbst in zwei verschiedenen isomeren Formen existieren, einer ionisierbaren und einer nichtionisierbaren, für Fälle wie ClO_3H , ClOH , NO_3H , CH_3COOH usw. zur Erklärung der optischen Tatsachen unnötig erscheint. Daß auch bei Indikatoren der Farbenumschlag bei dem Übergang von Anion zur undissoziierten Säure erfolgen kann, ohne daß dabei andere Konstitutionsänderungen im Molekül stattfinden müssen, versteht sich nach dem Obigen von selbst⁵⁾.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich auch ohne weiteres ein neuer Gesichtspunkt für das Verständnis der von Kossel hervorgehobenen Steigerung des Säurecharakters in der Reihe der Hydroxyde,



wenn man die naheliegende Annahme macht, daß je stärker das O^{--} der Hydroxylgruppe durch das zentrale Kation (dessen Ladung, also auch deformierende Wirkung, steigt in der obigen Reihe von Na^+ bis Cl^+) deformiert ist, um so kleiner seine Deformierbarkeit durch den H-Kern wird. Die rein elektrostatische, bereits in die Lehrbücher übergegangene Theorie der Basen und Säuren von Kossel, der die Annahme starrer Ionen zugrunde liegt, läßt sich jedoch nicht aufrecht erhalten, da z. B. im Perchloration die Deformation so weitgehend ist, daß dieses Ion sicherlich weder Cl^+ noch O^{--} enthält.

9. *Heteropolare und homöopolare Bindung.* Die durch eine Kation hervorgerufene Deformation

⁵⁾ Daß die obigen Gesichtspunkte auch erklären, weshalb Oxyde der stark deformierenden Kationen wie Ag^+ , Hg^{++} keine stabilen Hydroxyde bilden, weshalb das Sublimat und analoge Salze in wäßriger Lösung wenig dissoziiert sind oder weshalb der Dissoziationsgrad der Hg^{++} -Salze der Carbonsäuren der Stärke dieser Säuren selbst parallel verläuft, kann hier nur erwähnt werden.

mation eines Anions denken wir uns als ein Herüberziehen der Elektronenbahnen des letzteren in der Richtung zum ersten. Die nach Bohr um den Kern des Anions anzunehmenden kreisförmigen und elliptischen Bahnen werden in Bahnen größerer Exzentrizität verwandelt, wobei in den bis jetzt näher betrachteten Fällen, mit Ausnahme einiger Säuren, eine etwa durch Auftreten der Farbe sich bemerkbar machende Lockerung der Elektronen stattfindet. Bei besonders starker Deformation haben wir im Falle des CuI_2 sogar eine vollkommene Loslösung eines Elektrons vom Anion beobachtet. Nun wollen wir Fälle besprechen, in welchen durch starke Deformation etwas Neues vor sich geht.

Das TiBr_4 ist tiefgelb, TiI_4 dunkelrot und auch im TiCl_4 zeigen Dispersionsmessungen eine starke Lockerung der Elektronenhülle der Cl^- . Da Si^{4+} (Neontypus) wesentlich kleiner sein muß als Ti^{4+} (Argontypus), wäre zu erwarten, daß in den Siliciumhalogeniden, falls sie das Si^{4+} als Si^{4+} enthalten, die Lockerung der Halogenionen noch weiter geht als in den entsprechenden Titanverbindungen. In Wirklichkeit ist aber SiBr_4 farblos, und im SiCl_4 ergeben optische Messungen eine festere Elektronenhülle als im Cl^- . Analog ist folgendes Beispiel: Wenn man das Chromatium und das Permanganatium mit Kossel als $\text{Cr}^{6+}(\text{O}^{--})_4$ und $\text{Mn}^{7+}(\text{O}^{--})_4$ formulieren wollte, könnte man deren Farbe als Anzeichen der Deformation der O^{--} -Ionen durch die hochgeladenen Kationen des Argontypus deuten. Es wäre zu erwarten, daß die Anionen mit Zentralatomen vom Neontypus noch stärker gefärbt oder gar unstabil sind; dem widersprechen aber die Tatsachen, denn das SO_4^{--} und ClO_4^- sind farblos und letzteres weist sogar, wie schon erwähnt wurde, eine ganz besonders stabile Elektronenhülle auf. Wir beobachten hier also als Folge extremer Deformation statt der nach Analogie mit anderen Fällen zu erwartenden besonders starken Lockerung im Gegenteil eine Festigung der Elektronenbahnen und müssen deshalb auf das Zustandekommen einer von der bisher betrachteten abweichenden Bindungsart schließen.

Hier münden unsere Betrachtungen in eine Vorstellung, die Herr C. A. Knorr im hiesigen Laboratorium, unabhängig von den obigen Resultaten, über die Natur der homöopolaren Bindung entwickelt hat. Knorr übernimmt von der ursprünglichen Bohrschen Vorstellung über die homöopolare Bindung (H_2 -Molekel) die Annahme, daß die an der Bindung beteiligten Atome gemeinsame Elektronen haben. Doch steht nach Knorr die Ebene der Bewegung dieser Elektronen nicht senkrecht auf der Verbindungslinie der Atomkerne, sondern die großen Achsen der exzentrischen Bahnellipsen liegen eher in dieser Verbindungslinie, wobei im Idealfalle der Bindung zweier gleicher Atome (Cl_2 oder C-C-Bindung im Diamant) die gemeinsamen Elektronen beide Kerne umkreisen. Diese

Vorstellung hat den großen Vorzug, daß sie die Ansichten von J. Langmuir (1919) mit den neuen Resultaten von Bohr verknüpft. Langmuir hat versucht, die fundamentale Idee von Kossel und G. N. Lewis, daß die Atome das Bestreben haben, Elektronenhüllen von besonders stabilen Konfigurationen zu erreichen, auf das Zustandekommen homöopolarer Verbindungen auszudehnen. Sofern es sich um die stabile Edelgaskonfiguration handelt, denkt er sich die Elektronen in den Ecken eines Kubus gelagert und erreicht für eine große Reihe von Verbindungen sehr verlockende Bilder, indem er bei ungenügender Zahl von Elektronen eine Kubuskante (zwei Elektronen) oder eine Kubusfläche (vier Elektronen) als beiden Atomen gemeinsam ansieht. Diese Theorie ist von Bohr abgelehnt worden, weil sie die physikalisch unmögliche Annahme ruhender Elektronen zur Voraussetzung hat. Nach Knorr besteht jedoch die Zugehörigkeit eines Elektrons zu zwei Atomen darin, daß seine Bahn in naher Beziehung zu beiden Kernen steht, im Idealfalle einer homöopolaren Bindung, wie bereits erwähnt wurde, beide Kerne einschließt. Herr Knorr wird demnächst diesen Gedanken näher entwickeln, hier sei nur darauf hingewiesen, daß die Folge der besonders starken Deformation des Cl^- in SiCl_4 oder des O^{--} in ClO_4^- höchstwahrscheinlich darin besteht, daß die Elektronen der deformierten Anionen so stark in der Richtung zum Kation herübergezogen werden, daß sie in naher Beziehung auch zu dem Kern des Kations stehen und durch diesen in ihrer Bahn stabilisiert werden. Natürlich hat es dann keinen rechten Sinn mehr, hier von einer Ionenbindung mit besonders stark deformierten Anionen zu sprechen, sondern es ist viel rationeller, sich die Entstehung solcher Gebilde aus neutralen Atomen zu denken. So verteilen sich die „chemisch“ verfügbaren 32 Elektronen im SiCl_4 (4 vom Si und 4×7 von den Chloratomen) nach Knorr in der Weise auf die fünf Atome, daß 4×2 dem Siliziumkern zugeordnet werden und von diesen je zwei auch um je einen der vier Chlorkerne herumlaufen, während die übrigen 4×6 Elektronen nur um die Chlorkerne rotieren. Auf diese Weise wird eine einfache chemische Bindung, wie bei Langmuir, durch zwei den beiden Kernen gemeinsame Elektronen repräsentiert, und jedem Kern ist eine stabile Konfiguration von acht Elektronen zugeordnet.

Nun haben wir auch in dem Falle der Anlage eines H-Kerns an ein Cl^- eine Festigung der Elektronenhülle beobachtet und darin kann man eine Stütze für die von Knorr geäußerte Ansicht erblicken, daß auch HCl und wohl auch die analogen H_2O , NH_3 als homöopolare Verbindungen anzusehen sind, d. h. daß sich der H-Kern nicht außerhalb der Elektronenhülle des Cl^- befindet, sondern mindestens von einem, höchstwahrscheinlich aber von zwei (unter Bildung einer Heliumkonfiguration) seiner Elek-

tronen mit umkreist wird. Das auffallend kleine Dipolmoment des HCl und dadurch auch seine Flüchtigkeit, die bereits von *Reis* in Zusammenhang mit der Deformation des Cl^- gebracht wurden, sowie die gerichtete Natur der in einem Wassermolekül wirkenden Kräfte, erfahren nach *Knorr* durch dieses Bild eine plausible Deutung.

10. Die obigen Zusammenhänge werfen auch ein neues Licht auf die Frage nach der *Natur der chemischen Kräfte*. Aus der Möglichkeit, die sich bei näherer Prüfung allerdings in sehr vielen Fällen als scheinbar erweist, eine Reihe von Eigenschaften heteropolar gebauter Stoffe auf Grund einfacher elektrostatischer Betrachtungen zu erklären, hat *Kossel* geschlossen, daß die chemischen Kräfte bei der überwiegenden Mehrzahl anorganischer Verbindungen vollkommen gleichmäßig nach allen Richtungen des Raumes wirken. Demgegenüber hat *W. Nernst* betont, daß gerade diese Konsequenz, die mit der durch chemische Tatsachen nahe gelegten gerichteten Natur der chemischen Kräfte im Widerspruch steht, sowie das Fehlen der Quantengesetze in der elektrostatischen Auffassung gegen diese Auffassung spricht.

Aus unseren Betrachtungen folgt nun, daß es zwischen dem idealisierten Extrem eines aus starren Ionen gebildeten heteropolaren Gebildes und den homöopolaren Stoffen, in welchen die Atome durch gemeinsame Elektronenbahnen verbunden sind, eine vielfältige Reihe von Übergängen gibt, die sicherlich durch Quantengesetze näher geregelt werden. Während der Diamant den Idealfall eines homöopolaren Stoffes darstellt, können wir das Cäsiumfluorid als die größte Annäherung an das heteropolare Ideal ansehen. Wie wir jedoch bei Besprechung der Verdampfungserscheinungen gesehen haben, spielt selbst bei den Alkalihalogeniden die Deformation des Anions eine gewisse, wenn auch relativ geringe Rolle, und wir müssen uns deshalb auch hier den Bindungsprozeß so vorstellen, daß zwar in den ersten Phasen der Annäherung zweier entgegengesetzt geladener Ionen hauptsächlich die Coulombsche Anziehung der Überschußladungen wirksam ist, daß aber in den letzten Phasen der Bindung neben den Bornschen Abstoßungskräften auch eine Deformation der Elektronenbahnen in Wirkung tritt, die einerseits die Energetik der Bindung beeinflusst, andererseits die Ionen in bestimmter Richtung gegeneinander orientiert. *Die chemischen Kräfte sind somit in allen Fällen als gerichtet anzusehen.*

Für das wirkliche Verständnis des chemischen Verhaltens der Stoffe können wir auch der geringsten Energieäußerungen nicht entbehren, und müssen deshalb die Deformationsarbeit in Rechnung ziehen, denn die bei chemischen Vorgängen auftretenden und für deren Verlauf in erster Linie maßgebenden Energiegrößen stellen oft kleine Differenzen großer Einzelbeträge vor. Wie groß übrigens der

Abstand zwischen einer Chemie der starren Ionen und der Wirklichkeit ist, ersieht man am besten daraus, daß sowohl die Farbenpracht vieler Systeme als auch die reizvolle Vielfältigkeit im chemischen Verhalten der Stoffe oft entscheidend durch die Deformation der Ionen beeinflusst wird. So erklärt es sich, daß wir hier viele Erscheinungen dem qualitativen Verständnis näher bringen konnten, ohne überhaupt auf andere Faktoren, die weniger individuell sind als die Deformationserscheinungen, einzugehen. Selbstverständlich wird aber bei der genaueren quantitativen Betrachtung die volle Berücksichtigung auch dieser Faktoren unentbehrlich.

Einige Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie¹⁾.

Von R. O. Herzog, Berlin-Dahlem.

M. H.! Der griechische Schriftsteller *Stobaios* erzählt von seinem berühmten Landsmann, dem Mathematiker *Euklid*: „Ein Mensch, der bei *Euklid* Unterricht in der Geometrie zu nehmen begonnen hatte, frug, nachdem er den ersten Satz der Elemente kennengelernt hatte, was habe ich nun davon, daß ich das weiß? *Euklid* rief seinen Sklaven und sagte: Gib dem Mann drei Obolen, da er studiert, um Profit zu machen.“²⁾ Heute sprechen wir anders. Es scheint Gemeingut, daß die Verbindung zwischen Theorie und Praxis ein grundsätzliches Moment für die technische Entwicklung geworden ist. Die Gründung von Forschungsinstituten für einzelne Industriezweige, zum Teil auch in den Rahmen der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gefaßt und damit dem akademischen Range nach gekennzeichnet, bietet ein Zeugnis für das Streben nach wissenschaftlicher Durchdringung des technischen Schaffens. Und dennoch besteht allgemein kein klarer Einblick in die Wege, von denen aus die Wissenschaft der Industrie Nutzen zu leisten vermag.

Es hängt von der Entwicklung korrespondierender Zustände in Wissenschaft und Technik ab, welche Früchte die gemeinsame Arbeit zu erbringen vermag. Am glattesten geschieht die Anwendung errungener Erkenntnis, wenn der Ausbau von Methodik und Lehrgebäude durch die Wissenschaft im gleichen Tempo verläuft, in dem ihre Aufnahme in die Technik möglich ist, wie in der chemischen oder elektrotechnischen Industrie. Am schwierigsten vollzieht sich der Fortschritt dort, wo eine wirtschaftlich blühende Industrie sich ererbter empirischer Verfahren zur Verarbeitung eines Materials bedient, zu dessen Beherrschung die Wissenschaft noch keinen Weg gefunden hat.

¹⁾ Vortrag, gehalten bei der Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie am 5. Dez. 1922.

²⁾ Zit. nach *M. Simon*, *Gesch. d. Mathematik im Altertum*, Berlin 1909, S. 230.

Dies gilt heute noch vor allem, wenn es sich um die Verarbeitung von Naturstoffen handelt, die durch jene unübersichtlichen Übergänge zwischen nicht mehr zur Chemie und noch nicht zur Physik gehörigen Erscheinungen gekennzeichnet sind, für welche man das Wort „kolloidchemisch“ geprägt hat. Die Textil-, Zellstoff- und Lederindustrie befinden sich in solcher Lage. Baumwolle, Wolle, tierische Haut werden nach Herkunft, bestenfalls nach primitiver empirischer Prüfung eingekauft, und ebenso wird das Fertigprodukt beurteilt. Aber die Zeit scheint reif für das Beginnen, die Lücken theoretischen Wissens auszufüllen. An die chemischen und physikalischen Grundprobleme führen neue Methoden und Fragestellungen heran, und es gelingt auch, die Fragen der Praxis heute bereits soweit zu verallgemeinern, daß nicht mehr die ungeklärte Tatsache einsam dasteht, daß die Ausnahme zum Glied einer Regel wird.

Der Theoretiker wird, wie stets, versuchen, systematische Ordnung zu schaffen, die Eigenschaften der Rohstoffe zu definieren, ihre Umbildung zum Fertigprodukt und deren Sinn schrittweise in Zusammenhang mit den Rohstoffeigenschaften zu bringen. Aus so gewonnener Erkenntnis entsteht *Technologie*. Und zu solchem Ziele: Lücken naturwissenschaftlicher Erkenntnis zum Aufbau der Technologie zu ergänzen, soll die Arbeit unseres Institutes beitragen.

Erlauben Sie mir nunmehr, an einigen Beispielen, die den Arbeiten unseres Institutes entnommen sind, zu zeigen, welche Erwartungen an solche Tätigkeit geknüpft werden mögen. Ich möchte zunächst über ein technologisches Thema sprechen: über die *Verarbeitung der Wolle*; hierauf über Untersuchungen, die sich an die *Röntgendurchleuchtung der Faserstoffe* anschließen; über die *Deformation* und über *Versuche zur Erforschung der chemischen Konstitution von Faserstoffen*.

I.

„Das Ziel der *Arbeiten über die Walle* war: zunächst am Haar die Deformierungsvorgänge in ihrer Beziehung zum Fett- und Wassergehalt des Haares festzustellen; weiterhin die Abhängigkeit der Garneigenschaften von denen des Haares und von der Art der Zusammenfügung kennenzulernen, endlich die qualitative und quantitative Analyse des Gewebes zum Zwecke der zielbewußten Synthese anzubahnen.

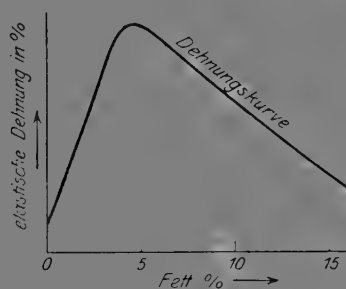
Man darf sagen, daß das Wollhaar in dem Moment, wo es in die Fabrik gelangt, bis zu dem, wo es sie wieder verläßt, fast bei jedem Fabrikationsgang von neuem mißhandelt und überbeansprucht wird. Das Zerreißen, das zur Kennzeichnung der Schädigung benutzt wird, ist erst das letzte Glied dieser Kette und darum ein zu grober Indikator. Lange, bevor es zum Zerreißen kommt, ist bereits die Dehnbarkeit wesentlich beeinträchtigt.

Festigkeit und Dehnung sind bei gegebener

Qualität vom Wasser- und Fettgehalt der Haare stark abhängig, außerdem von der Vorgeschichte, so von der chemischen Einwirkung durch die Wäsche, das Carbonisieren, Färben, Bleichen usw. Die Beanspruchung der Wolle sollte nur im Bereich der reversiblen Dehnung erfolgen, nie sich in das Gebiet der bleibenden Dehnung erstrecken.

Da das Haar während der ganzen Fabrikation in bezug auf die Dehnbarkeit sehr stark beansprucht wird, kommt es darauf an, als Ausgangsmaterial ein Haar mit möglichst großer reversibler Dehnung zu besitzen. Man gelangt dazu, indem man ihm den optimalen Feuchtigkeits- und Fettgehalt verleiht. Demgemäß hat sich die erste Gruppe der Versuche, die Herr Dr. Schweniger und Fräulein Dr. Rona mit Fräulein Inger Häger und Paul durchgeführt haben, auf die *Einwirkung des Fettgehaltes und der Feuchtigkeit auf die Dehnbarkeit* bezogen.

Das Wollfett spielt im Haar eine doppelte Rolle: es bildet eine äußere Deckschicht und im Innern einen organischen Baustein des Haares. Die Deckschicht besteht aus den leichtflüssigen Produkten. Ihre Entfernung hat geringen Ein-



Kurve I. Dehnung des Wollhaares bei variablem Fettgehalt.

fluß auf die Dehnbarkeit, dagegen eine erhebliche Wirkung auf die mit den Oberflächeneigenschaften zusammenhängenden Vorgänge, also auf Abreiben, Aneinanderhaften, vor allem auf das Ver-spinnen.

Der Fettgehalt der inneren Haarsubstanz beeinflusst dagegen Dehnbarkeit und Festigkeit. Die vorstehende Kurve I demonstriert dies deutlich für die Dehnbarkeit. Auf der Abszisse ist der Fettgehalt in Prozent, auf der Ordinate die Dehnbarkeit (Verhältnis von reversibler und bleibender Dehnung) aufgetragen. Bei steigender Entfettung etwa bis zu einem Fettgehalt von 5 % steigen Dehnbarkeit und Festigkeit ein wenig an. Von diesem Optimum an setzt aber jede weitere Entfettung die Dehnbarkeit stark herab. Auch das mikroskopische Bild zeigt mit zunehmender Entfettung immer deutlicher werdende Risse und Poren im Innern des Haares, wie die von Herrn Dr. Brunswik aufgenommenen Photographien erkennen lassen (Fig. 1). Bei der so wichtigen Wollwäsche wird die Frage immer wieder aufgeworfen, bis zu welchem Fettgehalt gewaschen werden darf. Versuche des Herrn Dipl.-Ing. Braukmeyer haben er-

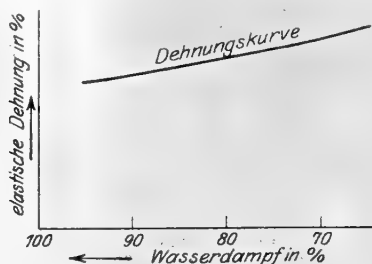
geben, daß man nicht etwa der Wolle auf irgend-einem Wege das Fett vollständig entziehen darf; denn Wolle, die weniger als $\frac{1}{2}\%$ Fett enthält, ist so geschädigt, daß sie auch durch nachträgliches Fetten die ursprünglichen Eigenschaften nicht mehr zurückgewinnt.

Der Einfluß des Wassers auf die Dehnbarkeit ist ein wesentlich anderer. Man sieht in der Kurve 2 die Abhängigkeit der Dehnbarkeit vom



Fig. 1. Links normales, rechts vollständig entfettetes Wollhaar.

Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft im Bereich von 50–90 % Feuchtigkeit eingezeichnet. Der Unterschied in der Dehnbarkeit an den beiden Enden der Kurve ist nur unbedeutend. Aus diesem flachen Verlauf der Kurve geht mit Sicherheit hervor, daß dem Wasser die große Rolle nicht zukommen kann, die ihm von manchen Seiten zu-



Kurve II. Dehnung des Wollhaares bei variablem Wassergehalt der Atmosphäre.

geschrieben wird. Z. B. sind so die gerühmten Ergebnisse der englischen Spinnerei und Weberei nicht zu erklären; denn der größte Unterschied in dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt deutscher und englischer Städte beträgt weniger als 30 % und fällt in den Bereich des gezeigten Kurvenstückes.

Der Praktiker pflegt die Wolle nicht nur auf Festigkeit und Dehnbarkeit zu prüfen, indem er die einzelnen Haare beansprucht, sondern er nimmt einen Bausch Wolle, drückt ihn in der ge-

schlossenen Hand zusammen, öffnet dann die Hand wieder und beobachtet die Ausdehnung des Bausches. Was er hierbei prüft, ist die *Biege-elastizität* des Wollhaares. Statt der schwer zu beurteilenden Biegsamkeit des Einzelhaares prüft er die Kompressibilität des ganzen Bausches. Es gelingt, diesem grundsätzlich ganz richtig angestellten Versuch eine der Messung zugängliche Form zu geben. Eine für diesen Zweck geeignete Apparatur ist von Frau Dr. Eggert vorgeschlagen und zur Untersuchung benutzt worden (Fig. 2). Der Faserbausch wird in ein Kölbchen aus weichem Kautschuk gebracht und mit diesem allmählich einem allseitig wirkenden Druck ausgesetzt. Die Volumenveränderung mit dem Druck bzw. der Entlastung wird an einem Manometer abgelesen.

Man prüft bei dieser Versuchsanordnung zweierlei. Einmal die Zusammendrückbarkeit des Bausches wie etwa die eines Gases, aber auch die Geschwindigkeit, mit der sich die einmal bean-

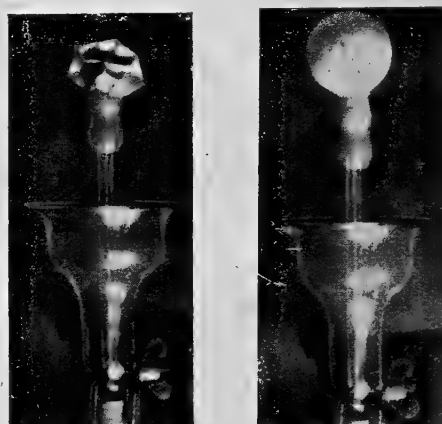


Fig. 2. Rechts Gummikölbchen unter normalem Druck, links komprimiert.

spruchte Wolle wieder erholt, einen Vorgang, den man in der Physik als *Hysteresis* bezeichnet. Die Hysteresis spielt in der Tat eine ganz außerordentlich wichtige Rolle in der Fabrikation des Garnes und Gewebes. Für die Fabrikation ist dasjenige Wollhaar am geeignetsten, das die geringste Hysteresis aufweist. Ein Gewebe aus solchem Haar wird die Falten binnen kurzem verschwinden lassen, ein Anzug daraus wird sich am schnellsten aushängen.

Wird die Belastung des Haares soweit getrieben, daß es in den Zustand dauernder Verlängerung gelangt, so hat es seine ursprünglichen elastischen Eigenschaften endgültig verloren. Wolle dieser Art ist also im Vergleich zu unbeanspruchter minderwertig. Je öfter, je heftiger und je rascher hintereinander die Wolle beansprucht wird, desto mehr gelangt sie in diesen Zustand.

Aus der Faser wird durch Verspinnen das Garn erhalten, dessen Eigenschaften sich zusammensetzen aus den Eigenschaften der Faser (Material-

konstanten) und den Wirkungen des Zusammenfügens (Formkonstanten). Die Materialkonstanten werden charakterisiert durch die Elastizität der einzelnen Wollfaser, ihre Dimension und Oberflächenbeschaffenheit. Die Formkonstanten hängen von der Dicke des Garnes und vom Drall ab. Da die Formkonstanten variabel sind, lautet die technische Fragestellung der Garnherstellung: mit welchen Formkonstanten lassen sich bei gegebenen Materialkonstanten bestimmte Eigenschaften des Garnes erzielen?

Die Dehnungskurve, deren einfache Gestalt jedermann kennt, entspricht in Wirklichkeit einem sehr komplizierten Vorgang. Es treten, sich allmählich überlagernd, die elastischen und die bleibenden Deformationen des Dralles einerseits und des Wollmaterials andererseits zusammen. Systematische Überlegungen über die Summierung der Fasereigenschaften und der Wirkungen des Gebindes, von denen Dehnbarkeit und Festigkeit des Garnes abhängen, haben als erste *E. Müller* und *S. Marschik* angestellt. Überlegungen ähnlicher Art unter besonderer Berücksichtigung der Dehn-

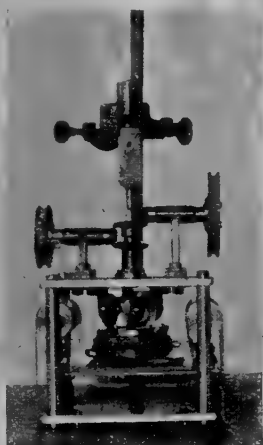


Fig. 3. Abreibeapparat.

barkeit haben neue Gesichtspunkte für die Bearbeitung der Garne gezeitigt und uns gelehrt, daß die Ausnutzung der Materialkonstanten durch die Formung in der Technik keineswegs genügend durchgebildet ist.

Das durch Vereinigung des Garnes gewonnene Gewebe stellt die höchsten Anforderungen an die Analyse. Um einen Überblick zu gewinnen, wurde von den physikalischen Eigenschaften eines Tuches ausgegangen, wie sie die Praxis fordert. Zu diesem Zwecke wurden aus den vielen Äußerungen der Elastizitätseigenschaften diejenigen Komplexe zusammenzufassen versucht, die der Haltbarkeit, dem Sitz und der sog. Treue, d. h. der Fähigkeit, die Form zu bewahren, entsprechen. Bei der Ausbildung der Prüfungsverfahren wurde auf die Messung zum Teil physikalisch definierter, zum Teil praktisch wichtiger Eigenschaften gezielt.

Eine wichtige Prüfung ist die Untersuchung des Widerstandes gegen Abreibung. Es gibt eine

Reihe von Apparaten zur Abreibeprüfung. Trotzdem wurde eine neue Einrichtung konstruiert, welche das Haar von allen Seiten und in allen Lagen gewissermaßen durch eine Taumelbewegung gegen eine Scheuerplatte beansprucht (Fig. 3). Das Maß der Beanspruchung wird dadurch gewonnen, daß einmal die Anzahl der Drehbewegungen gegen die Scheuerplatte gezählt, und zweitens, daß die Gasdurchlässigkeit des Gewebes gemessen wird. Die Zahlen in der nachstehenden Tabelle geben die Abnutzung an, die verschiedene Stoffe bei gleicher Tourenzahl zeigen.

Tabelle 1³⁾.

Stoff	Abreibezahl
Kammgarn I	10,2
Kammgarn II	6,0
Streichgarn	8,4
Militärtuch	34,3



Fig. 4. Torsionspendel.

Den „Sitz“ behält ein Anzug dann, wenn das Tuch die richtige *Schmiegsamkeit* hat. Beim fertigen Anzug äußert sich dies darin, daß entstandene Falten sich wieder leicht aushängen. Diese Eigenschaft läßt sich mit Hilfe eines *Torsions-*

³⁾ Die in Tab. 1 bis 4 angegebenen Zahlen beziehen sich auf empirische Skalen. Die *Abreibezahl* ist proportional der Anzahl von Umdrehungen, die das Gewebe gegen die Scheuerplatte ausführen muß, damit seine Luftdurchlässigkeit infolge des Substanzverlustes um 15 % zunimmt.

Die *Elastizität* entspricht der Zeit, die notwendig ist, um bei einem Druck von $\frac{1}{4}$ Atm. eine bleibende Dehnung von 5 mm in einem kreisförmigen Stoffstück vom Durchmesser 75 mm zu erzielen.

Die *Schmiegsamkeit* ist der Schwingungsdauer proportional, die eine auf einen Stoffstreifen (Länge 18 cm, Breite 1,5 cm) aufgehängte Scheibe gebraucht, um von einem Ausschlag von 90° in die Ruhelage zurückzukehren (die Länge wird einmal in der Kette, einmal in dem Schuß des Gewebes geschnitten).

% *Walke* gibt das proz. Verhältnis zwischen Länge bzw. Breite vor und nach dem Walkprozeß an.

pendels (Fig. 4) prüfen. Eine bequeme Ausführung der Messung besteht darin, daß man eine horizontal schwingende Scheibe auf dem Stoffstreifen aufhängt und den Zusammenhang der Schwingungsdämpfung mit der Natur des Stoffes feststellt.

Die nachstehende Tabelle bringt einige Messungen.

Tabelle 2.

Stoff	Schmiegsamkeit	
	Kette	Schuß
Kammgarn I	21,7	22,3
Kammgarn II	12,9	13,0
Streichgarn	10,1	11,0
Militärtuch	4,2	3,6

Die *irreversible Dehnung* des Stoffes kennt man vom Durchdrücken des Knies. Zur ersten Prüfung wird von uns ein *Dehnungsmesser* (Fig. 5) folgender Art benutzt. Ein kreisförmiges Stoffstück wird zusammen mit einer Gummimembran

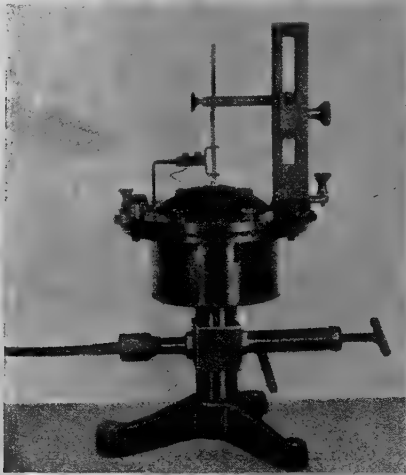


Fig. 5. Dehnungsmesser.

allseitig eingespannt und dann wiederholt durch Luftdruck gedehnt und wieder entlastet. Um die bleibende Dehnung festzustellen, stellt man die Zeit fest, die erforderlich ist, um eine gegebene Höhe der Ausbeulung zu erzielen.

Tabelle 3.

Stoff	Elastizität
Kammgarn I	65
Kammgarn II	50
Streichgarn	10
Militärtuch	4

Die eben geschilderte Prüfung überschreitet die praktische Beanspruchung erheblich. Bei den meisten Bewegungen wird nur eine geringe Dehnung verlangt, die auch leichter völlig zurückgeht,

als eine derartige Beanspruchung, wie sie etwa die wiederholte tiefe Kniebeuge bedingt. Diese geringe Anfangsdehnung, in der Praxis auch als „Zugigkeit“ bezeichnet, läßt sich mit einem Dehnungsmesser der Firma Schopper prüfen, aber die Ausschläge sind für die Praxis zu gering. Es war also auch für diese Messung eine Neukonstruktion wünschenswert⁴⁾.

Im Tuchhandel werden noch eine Reihe ganz anderer Eigenschaften geschätzt, wie Weichheit und Glanz; dazu kommen noch ästhetische Werturteile. Die letzteren entziehen sich naturgemäß einer systematischen Untersuchung. Der Glanz, der sich nicht allzu schwierig prüfen läßt, mag gleichfalls noch unter die ästhetischen Eigenschaften gezählt werden. Etwas anders steht es mit der Oberflächenweichheit, die in leicht kontrollierbarem Zusammenhange mit der Art der Herstellung steht. Auf die Methode ihrer Prüfung möge wegen der relativ geringen Bedeutung nicht näher eingegangen werden.

Die Messung der charakteristischen Eigenschaften an mehr als tausend Tuchen verschiedenster Herkunft, die Herr Ing. Bojer und Fräulein Paul ausgeführt haben, hat empirische Skalen geliefert, die sich im allgemeinen mit den Anschauungen der Praktiker decken, aber eben den grundsätzlichen Fortschritt der zahlenmäßigen Bewertung bringen. Die Entfernung vom Durchschnitt und Optimum läßt sich festlegen und die naturwissenschaftliche Bearbeitung des Gebietes einleiten, die stets mit der sinngemäßen Einführung von Zahl und Maßstab verknüpft ist.

Es wurde z. B. untersucht, welchen Einfluß die Eigenschaften der Wolle, der Garne, die Fadenstellung im Gewebe, die Kettspannung, die Walke, kurz die einzelnen Fabrikationsgänge auf die Eigenschaften des Endproduktes nehmen. Jeder Praktiker weiß, daß beispielsweise intensiveres Walken ein Tuch brettartig macht, aber gleichzeitig damit eine bessere Abnutzbarkeit erzielt wird. Aber es war wichtig, über die allgemeine Regel hinaus zu Maßen zu gelangen. Nunmehr läßt sich in der Tat leicht berechnen, wie weit man etwa auf Kosten der Abnutzung einen minder steifen Stoff herstellen kann. Die nachstehende Tabelle 4 zeigt den Einfluß der Walke auf Abreibung und Schmiegsamkeit zahlenmäßig.

Tabelle 4.
Streichgarn.

Walke % i. d. Länge	Abreibezahl	Schmiegsamkeit	
		i. d. Kette	i. Schuß
0	3,5	29,2	28,2
5	9,8	18,8	17,1
10	11,5	11,5	12,0
25	34,3	4,2	3,6

⁴⁾ Die beschriebenen Prüfungsapparate sind zum D. R. P. angemeldet und werden von der Fa. L. Schopper, Leipzig, hergestellt.

Verschiedene Beispiele anderer Art haben sich durch Fragen aus der Praxis ergeben. Offenbar läßt sich auf solchem Wege systematisch die Fabrikation verbessern.

Ein zweites Ergebnis liegt natürlich darin, daß eine gleichmäßige Fabrikation gewährleistet wird, wenn das Ausgangsmaterial und jeder Fabrikationsschritt zahlenmäßig kontrollierbar sind und kontrolliert werden. Betriebsfehler lassen sich vermeiden, Reklamationen können bis zur Quelle verfolgt werden. In der Tat hat bereits gemeinsame vertrauensvolle Arbeit zur Anerkennung der Gesichtspunkte durch Praktiker geführt. An dieser Stelle habe ich den Herren Dr. A. Geiger und Dr. H. Mark für die Leitung der Arbeiten zu danken! —

Es ist höchst merkwürdig, daß die Natur, sonst so erfinderisch in ihren Mitteln und Wegen, nur über eine sehr kleine Anzahl von chemischen Verbindungen verfügt, aus denen sie Faserstoffe fertigt. Gerade von der Chemie des tierischen Haares wissen wir ja recht wenig, immerhin scheinen uns keine grundsätzlichen chemischen Unterschiede zwischen Haaren verschiedener tierischer Herkunft zu bestehen. Viel auffälliger ist aber, daß nahezu sämtliche Pflanzen, wo immer es sich um den Aufbau mechanisch zu beanspruchender Substanz handelt, stets Zellulose anwenden. Die Seiden verschiedenster Herkunft sind, wie Versuche des Herrn Brill in unserem Institut gezeigt haben, chemisch jedenfalls *weitgehend identisch*, und als ihnen sehr ähnlich erwies sich auch der Spinnenfaden. So drängt sich die Frage auf: *welche Eigenschaften muß eine Substanz besitzen, um gerade zur Bildung einer Faser geeignet zu sein?*

Um zunächst an diese Probleme herankommen zu können, haben wir eine Versuchsanordnung benutzt, die man vielleicht als *Röntgenmikroskop* bezeichnen könnte.

II.

Während das Mikroskop bestenfalls ein Auflösungsvermögen besitzt, das Körperchen mit einem Durchmesser von zehntausendstel Millimetern zu erkennen gestattet, lassen sich mit Hilfe der Röntgenstrahlen, die nur ein tausendstel so große Wellenlängen wie das gewöhnliche Licht besitzen, Teilchen mit einem Durchmesser von milliontel Millimetern nachweisen. Freilich sind es nicht die Teilchen selbst, die sich auf der hinter dem Objekt befindlichen photographischen Platte abzeichnen, sondern von ihnen hervorgerufene Beugungserscheinungen.

Man kann aus einem weißen Lichtstrahl auf zwei Wegen das Farbenspektrum erhalten: indem man ihn durch ein Prisma oder durch ein Beugungsgitter schickt. Ein solches Beugungsgitter erhält man z. B., wenn man auf einer Glasplatte 1700 Teilstriche pro Millimeter einritz. In derselben Weise, wie die Lichtstrahlen beim Durchtreten durch die Unterbrechungen zwischen den

Teilstrichen abgelenkt werden, wird der Röntgenstrahl beim Durchtritt durch einen Kristall abgelenkt. Daß die Kristalle ein solches Beugungsgitter für Röntgenstrahlen darstellen, ist die berühmte Entdeckung von *von Laue, Friedrich und Knipping*.

In einer Flüssigkeit sind die chemischen Moleküle ungeordnet, im Kristall liegen sie dagegen in strenger räumlicher Ordnung zueinander, und zwar so, daß sich Atome oder Atomgruppen periodisch und symmetrisch wiederholen. Wenn man durch die in den Molekülen chemisch gleichsinnigen Atome des Kristalls in einer Richtung Verbindungslinien legt, erhält man eine Schar paralleler Geraden. Die Verbindungslinien je einer Atomart bilden also ein Gitter. Man pflegt sich so auszudrücken, daß die den verschiedenen Atomarten eines Stoffes zugehörigen Gitter *aneinander gestellt* seien. Vereinfacht man das *Bild*, indem man ähnlich, wie dies der Chemiker bei seinen Formelbildern tut, an Stelle der dreidimensionalen eine zweidimensionale Darstellung benutzt, so leuchtet ein, daß ein Atomhaufen, wie er beispielsweise in dem Kreise der Fig. 6 eingeschlossen ist, entweder einem chemischen Molekül oder einem regelmäßig wiederkehrenden Baustein des Moleküls entsprechen muß.

Die durch den Kristall durchgetretenen Röntgenstrahlen zeichnen auf einer dahinter stehenden photographischen Platte Beugungserscheinungen ab. Eine im Prinzip einfache Anordnung zu diesem Zwecke bildet das „Röntgenmikroskop“. Aus der Form, den Entfernungen der auf der Platte erschienenen Linien, Streifen und Punkte, aus der Tiefe ihrer Schwärzung usw. lassen sich Schlüsse auf die räumlichen Verhältnisse des Gitters ziehen, durch das sie durchgetreten sind, also auf den Feinbau des durchleuchteten Kristalls. Unser Mikroskop ist etwas unbequemer als das gewöhnliche: es liefert nicht eine vergrößerte Abbildung, sondern gestattet nur mit Hilfe geometrischer Überlegungen Rückschlüsse auf den Bau der Substanz zu ziehen.

Herr Jancke hat auf meine Veranlassung eine ganze Reihe von natürlichen Fasern auf solche Weise untersucht. Das Ergebnis war recht überraschend: es wurde gefunden, daß die natürliche Zellulose- und Seidenfaser aus Kriställchen aufgebaut sind, deren eine Achse nach *Polanyi* mit der Längsrichtung der Faser parallel gerichtet ist. Aber auch das tierische Haar und ebenso Muskel, Sehne, Nerv, also die Fasern des Tierleibes, die auf Festigkeit beansprucht werden, besitzen eine ähnliche Struktur. Wenn man sich eine Vorstellung über die Anordnung der Kriställchen, der Bausteine dieser Fasern, machen will, kann man etwa an eine Schachtel mit Bleistiften denken, die zwar alle nebeneinander gelegt sind, aber teils mit dem Firmenstempel nach rechts, teils nach links, nach oben und unten.

Die Untersuchung der Kunstseide hat uns ge-

zeigt, daß man sich über ihren Aufbau eine andere Vorstellung machen muß: sie gleicht einem Haufen völlig ungeordneter Stifte. Von der chemischen Frage abgesehen, liegt in der Ordnung der Teilchen offenbar das technische Problem der Kunstfaser.

Das Prinzip der Kristallordnung, dessen sich die Natur so allgemein bedient, ist offenbar von großer Bedeutung. Auch der Mensch benutzt es seit langem, ohne zu wissen, daß er die Natur nachahmt. Beim Hartziehen des Drahtes, beim Walzen, Recken und bei ähnlicher Art der Metallbearbeitung, die zur Verfestigung dient, werden die Kriställchen in der gleichen Art geordnet, wie in der natürlichen Faser. Da diese Anordnung zuerst in den Naturfasern festgestellt wurde, hat sie Herr Dr. Polanyi, der in unserem Institut die geometrische Optik dieser Beobachtungen bearbeitet hat, als „Faserstruktur“ bezeichnet.

Mit Hilfe des Röntgenbildes wurde also ein erstes Teilproblem unserer Fragestellung gelöst; wir kennen jetzt das *Prinzip der Faserstruktur*.

Der Nachweis, daß die Fasern aus kristallisierten Strukturelementen gebildet sind, ergab neue Möglichkeiten, auch die beiden Problemgruppen in Angriff zu nehmen, deren Beziehung zueinander die oben erwähnte Kernfrage einer Faserstoffchemie darstellt: die Deformierungsvorgänge und die chemische Konstitution der Zellulose und Seide.

III.

Lassen Sie mich zuerst von den *Deformierungsvorgängen* sprechen, vor allem von den Vorgängen der elastischen und der unelastischen Dehnung und von dem Verfestigungsprozeß, der mit der unelastischen Dehnung verknüpft ist.

Die *unelastische Dehnung* — also der Vorgang, der z. B. bei der Hose zur Ausbeulung des Knies führt — ist bei einer Flüssigkeit leicht verständlich. Hier haben wir es mit einem Fließen, einem Gleiten der Moleküle aneinander zu tun, wie es jeder vom Honigfaden kennt, der sich vom Löffel abspinnut. Anders beim festen Körper, insofern er nicht eine verkapselte Flüssigkeit ist, sondern einen einzelnen Kristall oder ein mikrokristallinisches Gefüge darstellt.

Um zunächst in dem einfachsten Fall, der Dehnung eines einzelnen Kristalls, einen Einblick zu gewinnen, wurden in unserem Institut Versuche an Metalldrähten aus Zink, Zinn und anderen Metallen angestellt; die aus einem *einzigen* fadenförmigen Kristallindividuum bestanden. Solche „Einkristalldrähte“ wurden durch Ziehen aus der Schmelze erhalten, wenn bestimmte Bedingungen (Temperatur, gleichmäßige Zuggeschwindigkeit, Vermeidung von Erschütterungen) streng eingehalten werden. Reißt man einen solchen Einkristalldraht, so findet man die Reißfläche ebenso glatt und von solchem Glanz, wie er Kristallflächen zukommt. Weder beim Brechen noch beim Anätzen erscheinen die kör-

nigen kleinen Kriställchen, wie sie sonst an Metallbruchstücken zu beobachten sind.

Je nach den Bedingungen der Herstellung erhält man *dehnbare* oder *spröde* (undeformable) Drähte. Ein spröder Draht bricht beim Biegen, der dehnbare läßt sich je nach der Temperatur verschieden weit dehnen. Es sind Zn-Drähte hergestellt worden, die sich auf das 100- bis 200fache ihrer ursprünglichen Länge dehnen ließen!

Belastet man einen dehnbaren zylindrischen Zinkeinkristalldraht, so wandelt er sich unter Dehnung in ein flaches Band um, indem ein Durchmesser nahezu unverändert bleibt, während der andere sich mit der fortschreitenden Dehnung



Fig. 7. Einkristall mit parallelen Streifungen.

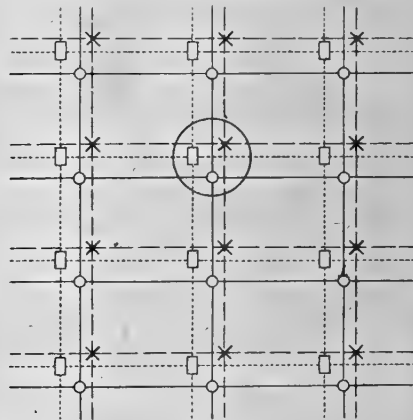


Fig. 6.

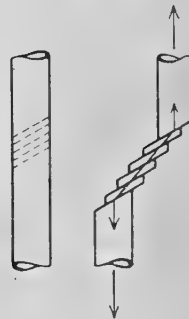


Fig. 8. Links Einkristall mit schematisch angedeuteten Gleitflächen vor der Dehnung; rechts nach der Dehnung, aber vor der Dehnung in die Zugrichtung.

verkleinert. Gleichzeitig treten auf der Oberfläche einander parallele elliptische Streifungen auf, denen entlang die Dehnung geschieht (Fig. 7). Sie entsprechen der Lage der Kristallflächen, welche die sogenannte Gleitfläche bildet. Unter der Wirkung der Belastung treten in diesen Flächen Abgleitungen von Kristallschichten ein, wobei sich die Drahtachse schieft. Bei weiterer Belastung tritt eine Drehung ein, bis die ursprüngliche Lage der Drahtachse (Belastungsrichtung) wieder hergestellt ist (Fig. 8)⁵. Es

⁵ Es mag hier erwähnt werden, daß das Haar nach Versuchen des Herrn Dr. Brunsvick bei der Dehnung den kreisförmigen Querschnitt verliert und einen elliptischen erhält.

ist der Zustand erreicht, den der „spröde“ Kristall von Anfang an besitzt.

Dehnt man einen gewöhnlichen Zinkdraht, der aus vielen kleinen Kriställchen besteht, so geschieht, wie nachgewiesen wurde, mit diesen einzelnen Kriställchen genau dasselbe wie mit dem Einkristall: die ursprünglich in allen möglichen Richtungen gelagerten Kriställchen drehen sich unter der Einwirkung des Zuges, bis ihre Gleitflächen der Zugrichtung nahezu parallel stehen. Es ist naheliegend, daß die durch Dehnung in einem Kristallitaggregat entstehende Umordnung der Kriställchen die *Verfestigung* hervorruft, die mit der irreversiblen Dehnung eines solchen Kristallaggregats stets verknüpft ist.

Daß in der Tat eine Verfestigung durch die Aneinanderlegung von Kristallen eintritt, hat sich auch bei den Versuchen mit Einkristallen wiederholt ergeben. Hat man infolge von Versuchsstörungen bei der Herstellung eines Einkristalldrahtes nicht einen *einzigsten* Kristall erhalten, sondern sind zwei oder drei Kristalle verwachsen, so stören sie sich gegenseitig so weit, daß von der Dehnbarkeit kaum mehr etwas wahrzunehmen ist. So erklärt sich auch die größere Festigkeit, die z. B. Metallstücke mit geringerer Korngröße aufweisen; denn je kleiner das Korn, desto größer ist die Behinderung bei der Drehung der Kristallite. Natürlich gelten diese Folgerungen nicht nur für Metalle, sondern auch für organische Kristallitaggregate, z. B. Kunstseide, wenn die Möglichkeit von Drehungen und Gleitungen der Kristallite und in den Kristalliten besteht⁶⁾.

Die Parallelrichtung der Kriställchen mit einer Achse zur Hauptachse bewirkt gewissermaßen die *Umwandlung der dehnbaren in spröde Kristalle*. Aber dies allein reicht noch nicht aus, um die Größe der Verfestigung zu erklären. Bei der Dehnung treten außerdem noch andere Vorgänge im Kristallgitter selbst, Verkrümmungen und Verwerfungen der Gleitflächen, ein.

Durch Ausnutzung des Prinzips der Faserstruktur werden die festesten Fasern dann erzielt werden, wenn ihre Strukturelemente spröde Kristalle und miteinander verkittet sind. Dies ist der Fall bei den Bastfasern. Die Natur be-

dient sich bei ihrem Aufbau dicht gepackter Zellulosekriställchen und füllt die Zwischenräume noch mit Kittsubstanz aus. Die Verdichtung wird durch Quellung vergrößert. Ähnliches dürfte auch von der natürlichen Seide gelten. Aber auch im Haar ist das gleiche Prinzip benutzt. Entfettet man ein Wollhaar vollständig, natürlich ohne es sonst zu beschädigen, so kann seine Festigkeit um mehr als 50 % abnehmen.

Ich habe hier noch anzuführen, daß die theoretischen und experimentellen Untersuchungen, über die eben berichtet wurde, in der von Herrn Dr. *Polanyi* geleiteten physikalisch-chemischen Abteilung des Instituts von den Herren Dr. *Mark*, Dr. *Weißenberg*, Dr. *Schmidt* und v. *Gomperz* ausgeführt worden sind.

Die *reversible Dehnung* von Kristallen ist, ebenso wie die *Zusammendrückbarkeit*, in engen Grenzen auf Grund der Elektronenvorstellungen verständlich, wie sie in den letzten Jahren *Born* u. a. entwickelt haben. Aber jener Grad der elastischen Dehnung, wie ihn Kautschuk, Nitrozellulose, wenn ihr gewisse Quellungsmittel⁷⁾ zugesetzt werden, oder das gequollene Haar zeigen, läßt sich nicht so erklären.

Folgender Versuch ist charakteristisch. Man hängt ein entfettetes Wollhaar an einem Ende auf, während man es am anderen mit einem Gewicht belastet; bei dem es eben nicht reißt. Läßt man einen Strahl Wasserdampf auf das Haar einwirken, so dehnt es sich um etwa 80 % seiner ursprünglichen Länge. Entfernt man jetzt das Belastungsgewicht, so zieht es sich allmählich, doch nicht vollständig zusammen. Dies geschieht aber sogleich, wenn man dem Haar wieder Fett zuführt und dann den Dampfstrahl einwirken läßt. Elastische Dehnung von der Größenordnung, wie ihn Kautschuk, das gequollene Haar u. a. zeigen, ist nur durch die Zweiphasigkeit des Systems zu verstehen.

IV.

Zum Schluß sei kurz von Versuchen über die *chemische Natur* von Faserstoffen berichtet.

Die natürlichen Fasern bestehen durchweg aus hochmolekularen organischen Verbindungen; Die Aufklärung der chemischen Konstitution solcher Stoffe mit Hilfe der bisher beschrittenen Wege erscheint als Aufgabe für lange Frist. In der organischen Abteilung unseres Instituts haben zuerst Herr Professor *Bergmann*, dann Herr Professor *Helferich* und eine ganze Reihe von Mitarbeitern mit der virtuososen Technik der *Emil Fischerschen* Schule Vorarbeiten besonders für eine künftige Chemie der Zellulose geleistet.

⁶⁾ Die Herren *Bergenthun* und Dr. *Selle* haben auf meine Veranlassung solche Versuche an Viscose und anderen Zelluloseprodukten, Herr *Brandenburger* an Nitrozellulose angestellt. Die Effekte betrugen z. T. $\frac{1}{4}$ der ursprünglichen Festigkeit und mehr. Das Versuchsergebnis bei Nitrozellulose ist deswegen von besonderem Interesse, weil es sich kaum anders als durch mikrokristallinische Struktur erklären läßt, was im Einklang mit den bekannten schönen Versuchen *Ambrohnns*, Kolloidzeitschr. 9, 147 (1911); 18, 90, 273 (1916); 20, 173 (1917), und im scheinbaren Widerspruch mit unseren Röntgenversuchen steht. Neben anderen neuen Erfahrungen zeigt es, daß nur das Auftreten von Interferenzen, nicht ihr Fehlen gewertet werden darf. Hier sei noch angegeben, daß der Verfestigung eine *Abnahme* der Quellbarkeit entspricht, wie angenommen werden durfte.

⁷⁾ Vgl. R. O. *Herzog*, M. *Hildesheimer* und F. *Medicus*, Z. f. angew. Ch. 34, 57 (1921). Ebenso wie *Leich* (Ann. d. Phys. [4.] 14, 139 [1904] für die Quellung von Gelatine fand, ist die proz. Dehnung umgekehrt proportional dem Quadrat von $\frac{Z}{Z+Q}$ (Z , Nitrozellulose, Q , Quellungs- sog. Weichmachungsmittel).

Daneben wurde aber ein zweiter Weg eingeschlagen, indem wir uns wiederum der röntgenspektroskopischen Untersuchung bedient haben. Die ersten Überlegungen dieser Art hat Herr Dr. Polanyi⁸⁾ an der Hand der Zelluloseaufnahmen Herrn Janckes angestellt. Um den Weg kurz anzudeuten, sei an Fig. 6 erinnert. Es handelt sich offenbar um das Problem, die Lage der von dem Kreise umschlossenen Atome zueinander festzustellen.

Die Ausmessung des Röntgendiagramms liefert das Kristallsystem und die Dimensionen der kristallographischen Einheit, des sogenannten Elementarkörpers. Die Symmetrieverhältnisse, wie sie sich einerseits aus der Kristallphysik, andererseits aus Ergebnissen chemischer Vorarbeiten ergeben, lassen bereits erhebliche Einschränkung über chemische Konstitutionsmöglichkeiten folgern.

Unsere ersten Versuche bezogen sich, wie erwähnt, auf Zellulose. Ihre Fortsetzung hat zunächst zur Erreichung höherer Meßgenauigkeiten geführt, doch wäre es vielleicht verfrüht, heute darüber Näheres zu berichten.

Aber ich möchte erwähnen, daß Untersuchungen von Seide, die Herr Brill angestellt hat, ein Stück weiter in der Erkenntnis dieses eiweißartigen Stoffes geführt haben. Es läßt sich mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aussagen, daß das Seidenfibrin zu einem erheblichen Teil aus dem Anhydrid des Glycyl-D-Alanins besteht.

Lassen Sie mich an dieser Stelle noch einmal darauf hinweisen, daß der Rahmen des Problems, das unser Institut beschäftigt, nicht nur Grundfragen etwa der Textil- und Zellstoffindustrie umfaßt. Es handelt sich um das Studium eines elementaren Strukturprinzips des pflanzlichen und tierischen Organismus, das als Faserstruktur bezeichnet wurde. Es handelt sich weiter um den Zusammenhang zwischen den elastischen und chemischen Eigenschaften.

In der Bearbeitung solcher Probleme grundsätzlicher Art, nicht im Überwinden gelegentlicher Betriebsstörungen kann nur die wesentliche Leistung eines Forschungsinstitutes liegen. Ermöglichen Sie uns, solche Kenntnis zu fördern, aus der Überzeugung heraus, daß die Technik zu voller Entwicklung nur mit der Wissenschaft als Weggenossin zu gelangen vermag!

Besprechungen.

Wessely, Karl, Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen. Rektoratsrede anlässlich der 340. Stiftungsfeier der Universität Würzburg am 11. Mai 1922. Berlin, Julius Springer, 1922. 43 S. 14 × 22 cm. Grundzahl geh. 1.

Goethes Farbenlehre, welcher der Dichter während zweier Dezennien angestrengte Arbeit gewidmet hat, ist vielfach verkannt worden. Es liegt das, wie in der Rede des Würzburger Ophthalmologen Wessely in kla-

rer Weise ausgeführt wird, an der Vermischung von Physikalischem und Psychischem. Da Goethe Newton gegenüber Unrecht hatte, ist auch das, was gut an seiner Farbenlehre war, nicht ausreichend gewürdigt worden. Wessely hebt die Bedeutung Goethes als Vorläufer von Johannes Müller und Hering hervor und weist ihm damit seinen Platz in der Geschichte der Farbenlehre an. Schopenhauer, der als junger Mensch mit Goethe auf Grund der Farbenlehre in Fühlung trat, hat auch in seinem späten Alter noch an Irrtümern festgehalten, die längst durch die Entwicklung der Farbenlehre überholt waren. Gleichwohl datiert von Schopenhauer an, wie Wessely ausführt, die Lehre von der Subjektivität unserer Sinnesempfindungen. Als ein Beitrag zur Geschichte der Naturwissenschaften wird die Wesselysche Rektoratsrede jedem, der sich für diese Fragen interessiert, eine anregende Lektüre sein.

A. Brückner, Jena.

Driesch, Hans, Geschichte des Vitalismus. Zweite verbesserte und erweiterte Auflage des ersten Hauptteils des Werkes: Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1922. X, 213 S. 14 × 22 cm.

Drieschs Buch: „Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre“ (1905) hat weit über Deutschlands Grenzen hinaus große Verbreitung gefunden; es ist ins Polnische, Italienische, Russische und Englische übersetzt worden. Gewiß hat zu diesem Erfolge das starke Interesse beigetragen, das Drieschs eigener vitalistischer Lehre in weiten Kreisen entgegengebracht wird; in der Tat ist die kurze, nicht nur für Biologen bestimmte Darstellung des Drieschschen Vitalismus, die den zweiten Hauptteil des angeführten Buches bildet, wohlgelungen und auch heute noch empfehlenswert. Doch ist gewiß der Erfolg des Werkes zum Teil auch dem ersten, historischen Hauptabschnitt zuzuschreiben. Das fortschreitende Wiedererstarken des Vitalismus hat die Aufmerksamkeit auch auf seine historische Entwicklung gelenkt, und so fordert ein wissenschaftliches Bedürfnis unserer Zeit eine „Geschichte des Vitalismus“.

Unter diesem Titel gibt nun Driesch den ersten Hauptteil des Buches von 1905 in verbesserter und erweiterter Form neu heraus. Der zweite, der systematische Hauptteil („Der Vitalismus als Lehre“) ist in der Neuauflage fortgelassen worden, weil Driesch in der Schrift: „Der Begriff der organischen Form“ (1919) bereits eine kurze systematische Darstellung seines Vitalismus dargeboten hat, die seinen gegenwärtigen Anschauungen entspricht; außerdem ist inzwischen ja auch seine viel eingehendere „Philosophie des Organischen“ in teilweise umgearbeiteter, zweiter Auflage erschienen (1921).

Drieschs Geschichte des Vitalismus will in der neuen Auflage so wenig wie in der alten eine umfassende, lückenlose Darstellung der Entwicklung dieser biologischen Grundanschauung sein; was sie erstrebt, ist eine historische abgeleitete Typenlehre vitalistischer Theorien. In seiner vielfach skizzenhaften Darstellung hat Driesch vornehmlich betont, was ihm persönlich wertvoll war. Tritt so das sachliche theoretisch-biologische Interesse stark hervor, so wird dadurch die Bedeutung des Drieschschen Buches für die Geschichte des Vitalismus nicht herabgesetzt. Diese Bedeutung verdankt die Schrift u. a. dem Umstande, daß Driesch nur wenig aus sekundären Quellen, ergiebig aber aus den Originalwerken der Vitalisten der Vergangenheit geschöpft hat.

In der neuen Auflage hat Driesch die Philosophen, die für die historische Entwicklung des Vitalismus

⁸⁾ Vgl. Z. f. angew. Chemie, 34, 385 (1921).

wichtig sind, etwas mehr berücksichtigt. So sind kurze Abschnitte über *Descartes*, *Leibniz* und die deutsche nachkantische idealistische Spekulation eingefügt worden. Wesentlicher ist die Erweiterung des *Kant* gewidmeten Kapitels. Die wichtigste Bereicherung des Buches stellt jedoch die Fortführung der Geschichte des Vitalismus bis auf die Gegenwart dar. In knapper, äußerst inhaltreicher Darstellung wird hier von sachkundiger Hand ein Bild der neovitalistischen Bewegung und der mechanistischen Opposition gezeichnet.

Am Schluß seines Werkes weist *Driesch* auf „Paraphysik“ und „Parapsychologie“, also auf den Okkultismus hin. „Wir sagen es offen: Die Paraphysik ist unsere Hoffnung in Sachen der Biologie, ebenso wie die Parapsychik unsere Hoffnung in Sachen der Psychologie ist. Beide aber sind unsere Hoffnung in Sachen einer wohlfundierten Metaphysik und Weltanschauung“ (S. 209).

Drieschs Buch stellt einen wertvollen Beitrag zur Geschichte der biologischen Theorien dar. Die historische Betrachtung beleuchtet und klärt aber auch den Problemkomplex des modernen Vitalismus.

Erich Becher, München.

Lieske, Rudolf. Bakterien und Strahlenpilze. Band VI aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie, herausgegeben von *K. Linsbauer*. II. Abt. 1. Teil. Thallophyten. Berlin, Gebr. Bornträger, 1922. 85 S. und 65 Textfiguren. 18 × 26 cm.

Lieske, dem wir schon eine ausgezeichnete Monographie über die *Strahlenpilze* zu verdanken haben, bringt in vorliegender Lieferung 8 (II. 1. A. Bg. 1—6) des Handbuches der Pflanzenanatomie eine zusammenfassende Darstellung über unsere Kenntnis vom *Bau der Bakterien und der Strahlenpilze* nebst kurzer Einleitung über einige Daten aus der Geschichte der Bakterien und über die Systematik. Die bisherigen Versuche, ein System der Bakterien aufzustellen, sind nach Auffassung des Verfassers nur Notbehelfe, da noch bei weitem nicht genügend morphologische Untersuchungen über die verschiedenen Bakterienformen und über die Variabilität der niederen Organismen vorliegen, ist man doch selbst über die Stellung der Bakterien in phylogenetischer Hinsicht noch nicht im Klaren. Zweifellos sind sie mit den Pilzen und mit den Blaualgen nahe verwandt. Während *A. Meyer* annimmt, daß Bakterien und Pilze von einer gemeinsamen Urform (Pilz-Schizomycetenstamm) abzuleiten sind, der seinerseits wieder von einem „Florideenhauptstamm“ herkommen soll, könnten nach *Lieske* für den hypothetischen Florideenstamm sehr gut die *Strahlenpilze* eingesetzt werden. Vorläufig sei es zweckmäßig, an dem *Migulaschen* System mit den drei großen Hauptgruppen, *Coccaceae*, *Bacteriaceae*, *Spirillaceae* festzuhalten. *Lieske* fügt dann noch an die *Chlamydo-bakteriaceen*, *Thiobakteriaceen* und *Rhodobakteriaceen*, die aber als eigentliche Bakterien nicht mehr anzusprechen sind, und läßt die *Mykobakterien* und die *Strahlenpilze* folgen.

Von den morphologischen Eigenschaften aller dieser Organismen wird aus der großen Literatur alles das herausgehoben, was wirklich sicher feststeht, und mit kritischem Blick das Wesentliche aus dem Unwesentlichen gesichtet, so daß wir einen vollkommenen Überblick über das zurzeit als richtig Anerkannte gewinnen. Manche Fragen müssen freilich noch als unsicher beantwortet zurückgestellt werden, so z. B. ob es *Bakterien* gibt, die kleiner sind, als daß sie mit dem

Mikroskop beobachtet werden können. Man weiß nicht, ob es solche gibt, noch können wir das Gegenteil behaupten. Das Vorhandensein ultramikroskopischer Bakterien sei auch nach theoretischer Überlegung unwahrscheinlich. Es ergebe sich aus der berechneten Größe der Eiweißmoleküle nach *Erreca*, daß Bakterien von weniger als 0.05 μ Durchmesser deren Plasma natürlich Eiweiß enthalten muß, nur aus verhältnismäßig sehr wenigen (ungefähr 1000) Molekülen zusammengesetzt sein könnten, eine Tatsache, die gegen die Existenzfähigkeit solcher Organismen spricht. Über die *Zellmembran* der Bakterien läßt sich jetzt sagen, daß alle Bakterien eine solche besitzen; daß die Bakterienmembran nur ein etwas dichteres Plasma sei, hat sich als unrichtig erwiesen. Die „Kapsel“ ist nach den Untersuchungen von *Tocmessen* ein Sekretionsprodukt der Bakterienzellen und besteht aus „Galaktan“, d. i. ein Polysaccharid der Galaktose. Das Wesen der Gramschen Färbung, die im *Cytoplasma* der Bakterien vor sich geht, ist noch nicht genügend aufgeklärt, ebenso liegen noch nicht genügend Untersuchungen über die *Plasmolyse*, die im *Cytoplasma* stattfindet, von Kolloidchemische Studien dürften hier weitere Aufklärung bringen. Ob die „Grüßeln“ der Bakterien Plasmafortsätze oder Membranbestandteile sind, ist vorläufig schwer zu unterscheiden. Vom biologischen Standpunkte aus dürfte das erstere zutreffen. Eingehend erörtert wird die *Zellkernfrage*. Als sicher kann angenommen werden, daß die größeren bakteriellen, ähnlichen Organismen, wie z. B. *Beggiatoa*, Chromatien in Form von kleinsten im *Cytoplasma* verteilten Körperchen enthalten, bei den eigentlichen Bakterien ist dies sehr wahrscheinlich, aber noch nicht sicher erwiesen. Daß die Hauptmasse der Bakterien aus Kernsubstanz bestehe, ist aber nicht mehr aufrechtzuerhalten. An *Reservestoffen* sind in den Bakterien nachgewiesen: Glykogen und Granulose, Fette und als Eiweißkörper *Volatin*. Über die *Farbstoffe* ist noch wenig bekannt. Die *chromogenen* Bakterien scheiden den Farbstoff in die umgebenden Nährböden aus, bei den *chromoparen* ist derselbe an die Zelle gebunden. Der Vorgang der *Zellteilung* ist einwandfrei nur beim *Bac. oxalaticus* beschrieben, dagegen noch nicht bei kleineren Bakterien. Während die Fortpflanzung durch *Endosporen* genügend studiert ist, liegen über *Arthrosporen* und *Exosporen* und deren Weiterentwicklung noch keine dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechenden Tatsachen vor. Auch die Frage der *Gonidien* und *Schwärmsporen* muß noch weiter verfolgt werden. Nur bei den Strahlenspitzen sind die Gonidien von *Lieske* bisher genau studiert. Inwieweit die von *Löhnis* genannten „Gonidangien“, die früher als Riesenzellen bzw. Involutionsformen angesehen wurden, und in denen sich Gonidien entwickeln sollen, mit der Fortpflanzung in Beziehung stehen, muß erst noch die weitere Forschung lehren. *Löhnis* ist auch der Ansicht, daß die in den Gonidangien entstandenen Gonidien wegen ihrer Kleinheit durch die Filter gehen und solche filtrierte Gonidien als „filtrierbares Virus“ bei manchen Infektionskrankheiten eine Rolle spielen. Sehr interessant, aber bei weitem noch nicht aufgeklärt ist die Frage des *Symplasmas* der Bakterien. Dieses ist eine plasmatische Masse, entstanden aus Auflösungsprodukten der Bakterien, aus der nach einer gewissen Ruhepause sich neue Bakterien in der ursprünglichen oder abweichenden Gestalt entwickeln. Da man bisher annahm, daß die sich auflösenden Bakterien zugrunde gingen, ist die von *Löhnis* beschriebene eigenartige Entwicklung von weittragender Bedeutung. Eine

sexuelle Fortpflanzung wird jetzt für möglich, sogar für wahrscheinlich gehalten. Über *Pleomorphismus* und *Variabilität* äußert sich *Lieske* dahin, daß alle diese Abweichungen, die meist als Involutionsformen oder teratologische Wuchsformen beschrieben sind, vererbungstheoretisch als *Modifikationen* aufzufassen seien. Offenbar ist die Variabilität eine außerordentlich große unter den Bakterien, und zwar viel größer, als man bisher hat gelten lassen wollen. Die Untersuchungen über den *Bacillus azotobacter* beweisen das.

Verf. geht nach diesen morphologischen Erörterungen noch auf die *Eisenbakterien*, *Schwefelbakterien*, *Purpurbakterien* und *Mykobakterien* ein, deren Hauptmerkmale besprochen werden. Als zweiten Teil des Buches läßt er die *Strahlenpilze* folgen. Der Inhalt dieser Abhandlung ist eine gedrängte Zusammenfassung seiner Studie über die *Morphologie und Biologie der Strahlenpilze*, die in dieser Zeitschrift 1922 Heft 3 ausführlich besprochen worden ist. Es kann daher hier darauf verwiesen werden.

Die Lektüre des vorliegenden Buches ist sehr anziehend, da bei den einzelnen Fragen alle die Punkte hervorgehoben sind, die einer weiteren Forschung und Vertiefung bedürfen. Man erkennt daraus, daß gerade in morphologischer und biologischer Hinsicht, aber auch im Hinblick auf die Systematik noch vieles zu tun übrig bleibt. Die Medizin hat sich bisher auf dem Gebiet der Bakteriologie entscheidend betätigt, auch für den Botaniker ist noch ein weites Feld offen. Möge die ausgezeichnete *Lieskesche* Abhandlung zu weiterem Eingehen auf diese Fragen einen neuen Anstoß geben.

R. O. Neumann, Hamburg.

Noeller, W., Die wichtigsten parasitischen Protozoen des Menschen und der Haustiere. Teil I. Berlin, R. Schoetz, 1922. 272 S., 113 Textabb. u. 3 farbige Tafeln.

Im Gegensatz zu den bekannten Lehrbüchern der Protozoenkunde von *Doflein* und *Hartmann-Schilling*, die vor allem eine allgemeine und zusammenfassende Darstellung dieses Gebietes geben, hat sich das *Noellersche* Werk die Aufgabe gestellt, dem Praktiker, „der die angewandte Protozoologie zu dem Zwecke betreibt, um die Krankheitsreger und Parasiten bei Haus- und Nutztieren zu ermitteln und zu studieren, . . . eine systematische Übersicht über möglichst viele, am besten alle parasitischen Formen“ zu geben. Es kann und will also die genannten älteren Darstellungen nicht ersetzen, sondern ergänzen. Schon auf Grund des bisher vorliegenden ersten Teiles des Buches, der neben einem allgemeinen Abschnitt die parasitischen Rhizopoden enthält, muß man sagen, daß dem Verfasser diese Aufgabe vorzüglich gelungen ist.

Der erste Band bringt zunächst eine knappe allgemeine Darstellung der Protozoenkunde, die im wesentlichen den *Hartmannschen* Anschauungen entspricht, aber etwas einseitig breiten Raum den Kernteilungsverhältnissen, ja hauptsächlich sogar nur den Kernverhältnissen der Rhizopoden widmet. Es folgt alsdann eine eingehende und sehr brauchbare Schilderung der Technik der Protozoenuntersuchung, der mikroskopischen sowohl wie der Kulturmethoden. Der zweite Hauptabschnitt ist den parasitischen Rhizopoden gewidmet. In systematischer Folge werden hier nicht nur die pathogenen und parasitischen Formen in erfreulicher Vollständigkeit geschildert, sondern daneben auch die ihnen nahestehenden Gruppen behandelt. Zahlreiche eingeflochtene unveröffentlichte

Beobachtungen des Verfassers und seiner Schüler verleihen diesen Kapiteln auch für den mit diesem Gebiete Vertrauten ein besonderes Interesse. Hervorzuheben ist ferner die überaus reiche Ausstattung des Buches mit zum großen Teile neuen und meist vorzüglichen Abbildungen sowie die Beigabe ausführlicher Literaturangaben, die vor allem auch die neuesten und nicht selten in Deutschland jetzt nur schwer aufzutreibenden ausländischen Arbeiten enthalten.

Der Parasitologe wie der Zoologe, der sich in das Gebiet der parasitischen Protozoen einarbeiten will, wird daher an dem *Noellerschen* Buche einen zuverlässigen Führer und ein kaum zu entbehrendes Nachschlagewerk haben; und es bleibt nur zu wünschen, daß der noch ausstehende zweite Teil bald die übrigen Protozoenklassen in gleicher Vollständigkeit bringen möge.

V. Jollos, Berlin-Dahlem.

D'Hérelle, F., Der Bakteriophage und seine Bedeutung für die Immunität. Übersetzung von R. Pfeimbrter, W. Sell und L. Pistorius. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1922. XIV, 214 S., 1 Abbildung und 10 Kurven. 15 × 23 cm.

Es ist ein großes Verdienst der Übersetzer und des Herausgebers, die schwer zugängliche Literatur über diesen wichtigen Gegenstand dem deutschen wissenschaftlichen Publikum in so bequemer Form zugänglich gemacht zu haben. *d'Hérelle* faßt in diesem Buch seine in der Fachliteratur zerstreuten Arbeiten zusammen, setzt sich aber auch mit den anderen Autoren, die auf diesem Gebiet gearbeitet haben, auseinander. Ein großer Teil des Werkes ist der Aufgabe gewidmet, seine Ansicht zu beweisen, daß der Bakteriophage ein lebendes Virus sei, das als Parasit der Bakterien aufgefaßt werden müsse. Interessant sind in diesem Zusammenhang seine Ausführungen über Parasitismus bei den niedrigsten Lebewesen, die sich auf zahlreiche Beispiele aus der Zoologie stützen. Seine experimentellen Untersuchungen, in denen er einen Beweis für die Virusnatur der Bakteriophagen erblickt, sind nur dem fachmännisch geschulten Leser zugänglich. Eine sichere Entscheidung in der Frage nach der Natur der Bakteriophagen ist wohl zurzeit noch nicht möglich. Bekanntlich neigt die Mehrzahl der Bakteriologen der Ansicht zu, daß der Bakteriophage ein Ferment sei, das durch eine Art Autokatalyse immer wieder von den Bakterien erzeugt wird. Es kann aber nicht geleugnet werden, daß *d'Hérelle* zahlreiche Tatsachen mitteilt, die dieser Erklärung große Schwierigkeiten bereiten und andererseits mit seiner Annahme eines lebenden Virus gut in Übereinstimmung gebracht werden können. Jedenfalls gewinnt man auch aus diesem Buch den Eindruck, daß der Bakteriophage ein Novum ist, für dessen Verständnis unsere bisherigen biologischen Begriffe nicht ausreichen.

Der zweite Teil des Werkes ist praktischen Immunitätsfragen gewidmet, die *d'Hérelle* vom Standpunkt seiner Theorie aus diskutiert. Nach *d'Hérelle* ist der Bakteriophage einer der wichtigsten Faktoren in der Epidemiologie der Infektionskrankheiten. Es ist ein Parasit, der im Darm von Mensch und Tier lebt, zunächst aber nur eine geringe Virulenz für die meisten Bakterien besitzt. Diese Virulenz kann jedoch, wie bei vielen Parasiten, eine außerordentliche Steigerung im Kontakt mit den Bakterien erhalten. So konnte *d'Hérelle* zeigen, daß in seicherefreier Gegend die menschlichen Entleerungen keinen Bakteriophagen gegen Pest enthielten, daß hingegen in einer pestverseuchten Um-

gebung zahlreiche Personen den Bakteriophagen gegen Pest enthielten. Von der Schnelligkeit dieser Umstellung der Bakteriophagen auf den Krankheitserreger hängt ebenso das Schicksal des Patienten wie das der Epidemie ab.

Sehr interessant ist die Schlußfolgerung d'Hérelles, daß nicht nur die Seuche, sondern auch die Immunität ansteckend sei, da ebenso wie der Krankheitserreger auch der Bakteriophage von Mensch zu Mensch resp. Tier zu Tier übertragen wird.

Experimentell kann diese Immunität nach d'Hérelle durch Einspritzung eines hochvirulenten Bakteriophagen erzeugt werden. d'Hérelle berichtet, daß es ihm beim Hühnertyphus und der Büffelseuche auf diesem Wege gelungen sei, umfangreiche Tierbestände vor der Seuche zu schützen.

Die Untersuchungen über die Natur der Bakteriophagen werden voraussichtlich nicht so bald zu einem entscheidenden Resultat führen. Dagegen ist zu hoffen, daß die praktischen Schlußfolgerungen d'Hérelles möglichst schnell eine ausgiebige Nachprüfung erfahren werden, die erst ein abschließendes Urteil über ihre Tragweite gestatten wird.

U. Friedemann, Berlin.

Botanische Mitteilungen.

Studien über den Phototropismus der Pflanzen.

(H. v. Guttentberg, Beiträge zur allgem. Botanik, herausg. von G. Haberlandt, Bd. II, Heft 3, S. 139—247, 15 Textfiguren, 1922.) Die Arbeit gliedert sich in drei Teile. Im ersten Kapitel wird die Abhängigkeit der phototropen Erscheinungen von der Größe der beleuchteten Fläche besprochen. Versuchsobjekt sind *Avena-Koleoptilen*, die Methodik besteht darin, diese mit Hilfe einer dunklen Eisenblechblende auf einer Flanke längshalbseitig abzublenden oder vor den Pflanzen schwarze Papierfahnen anzubringen, in welchen sich schmale Schlitz befinden. Bei einseitiger Beleuchtung mit annähernd parallelem Licht in der Dunkelkammer ist dann nur eine Flankenhälfte ($\frac{1}{2}$ des Umfanges) oder $\frac{1}{3}$ einer Flanke beleuchtet. Nun wurden Schwellenwertbestimmungen vorgenommen. Unbeschattete Kontrollpflanzen krümmten sich dann ausnahmslos phototropisch, wenn die Lichtmenge $0,38 \text{ MK} \times 10 \text{ sec}$ betrug. Es resultierte ein durchschnittlicher maximaler Krümmungswinkel von 12° nach $2\frac{1}{2}$ Stunden. Halbseitig verdunkelte Pflanzen krümmten sich bei dieser Lichtmenge nicht, es müssen $0,38 \text{ MK} \times 20 \text{ sec}$ angewendet werden, also die doppelte Lichtmenge, um denselben Krümmungseffekt herbeizuführen wie bei den Kontrollpflanzen. Letztere erreichen bei der doppelten Lichtmenge bereits Winkel bis zu 27° . Versuchspflanzen, bei welchen nur $\frac{1}{3}$ einer Flanke beleuchtet wird, benötigen zum Überschreiten der Schwelle die dreifache Lichtmenge ($0,38 \text{ MK} \times 30 \text{ sec}$). Es werden dann Kompensationsversuche beschrieben, bei welchen gegenüberliegende Flanken, von welchen die eine frei, die andere halbverschattet ist, mit gleichen Lichtmengen beleuchtet werden. In diesem Falle erfolgt Krümmung zur freien Seite. Kompensation tritt erst dann ein, wenn die halbverdunkelte Seite mit der doppelten Lichtmenge bestrahlt wird. Aus den Versuchsergebnissen geht hervor, daß die phototrope Erregung der Größe des beleuchteten Flächenstücks proportional ist. Das Reizmengengesetz erfährt eine Erweiterung, die sich durch die Formel:

$$i \cdot t \cdot \frac{F}{2} = i \cdot \frac{t}{2} \cdot F$$

ausdrücken läßt, wobei F die Größe der beleuchteten Fläche in mm^2 bedeutet.

Das zweite Kapitel sucht eine Entscheidung der Frage, ob die Pflanze die Lichtrichtung direkt wahrnimmt oder Intensitätsunterschiede an verschiedenen Organseiten perzipiert, herbeizuführen. Nach einer kritischen Besprechung der früheren Arbeiten werden folgende Versuche mitgeteilt: *Avena-Koleoptilen*, wie in den Versuchen des Kapitel I, nunmehr aber auf beiden gegenüberliegenden Flanken längshalbseitig verdunkelt und mit gleichen Lichtmengen antagonistisch beleuchtet, krümmen sich zur erhellten Organhälfte, also genau senkrecht zur Strahlenrichtung. Der Einwand, daß die tatsächlich in den Koleoptilen stattfindende Strahlenkonzentration für das Ergebnis von Bedeutung sei, wird widerlegt, indem gezeigt wird, daß sich *Avena-Koleoptilen* unter Wasser, also bei Ausschaltung der Lichtbrechung, phototropisch ebenso verhalten wie in der Luft. Noch beweisender ist, daß ein Objekt mit vierkantigem Stengel, nämlich *Coleus*, sich im beschriebenen Versuche ebenso verhält. Hier kann Strahlenbrechung überhaupt nicht in Frage kommen. Mit *Coleus* gelang ferner der Versuch, ein positiv phototropes Organ auch dann zu einer Krümmung zur erhellten Seite zu veranlassen, wenn damit eine Abkehr von der Lichtquelle verbunden ist. Dies wurde erreicht, wenn die Sprosse wie früher auf zwei gegenüberliegenden Flanken halblängsseitig abgeblendet wurden, die dem Lichte zugekehrte Seite gänzlich verdunkelt war und die freie Organhälfte beiderseits gleich stark schräg von rückwärts, d. h. von der Blendenseite her, beleuchtet wurde. Die Versuche ergeben zwingende Beweise für die Intensitätstheorie. Blaauws Theorie des Phototropismus darf dieser nicht gleichgestellt werden und wird vorläufig abgelehnt, da zahlreiche Tatsachen mit ihr unvereinbar erscheinen.

Das dritte Kapitel handelt vom Reizwert schrägen Lichtes und sucht die Frage zu beantworten, ob die phototrope Erregung bei schräger Beleuchtung nur von der jeweiligen Oberflächenhelligkeit abhängt. In diesem Falle müßte sie dem Cosinus des Lichteinfallwinkels bzw. dem Sinus des Komplementwinkels (des Neigungswinkels der Strahlen = der Abweichung vom parallelen Lichteinfall) proportional sein. Versuchsobjekt sind wieder *Avena-Koleoptilen*. Es wurde ein besonderer Apparat konstruiert, der es gestattet, Pflanzen aus beliebigen Winkelstellungen und variablen Entfernungen antagonistisch zu beleuchten. Mit diesem Apparat wurden zunächst Koleoptilen antagonistisch derart beleuchtet, daß sie auf der einen Seite von Horizontallicht getroffen wurden, während auf der entgegengesetzten Seite eine gleichstarke Lichtquelle aus gleicher Entfernung schräges Licht auf sie warf. Dabei wendeten sich die Pflanzen bei Neigungswinkeln von 15° — 65° und 95° bis 135° zum Horizontallicht. Bei der Kombination 90° und 70° trat Kompensation ein, zwischen 90° und 75° sowie 90° und 85° ergab sich ein schwaches, zwischen 90° und 80° ein deutliches Überwiegen des schrägen Lichtes. Nun wurde die Helligkeitsabnahme, die bei schräger Beleuchtung eintritt, durch entsprechendes Näher-schieben der schräggestellten Lampe ausgeglichen und es ergab sich, daß die schrägen Strahlen zwischen 70° und 80° in ihrer Wirkung die von 90° übertreffen, also den optimalen Lichteinfall darstellen. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß das phototrope Verhalten der Koleoptilen vorwiegend durch die höchst-

empfindliche Spitze bedingt wird. Diese zeigt eine durchschnittliche Neigung von 10° , wird also stets in einem um 10° erhöhten Winkel vom Licht getroffen. Das ergibt beim Neigungswinkel 80° eine Beleuchtung der Spitze unter 90° und damit die optimale Wirkung dieser Strahlenrichtung. Aus dem angegebenen Grunde krümmen sich ferner Koleoptilen, die antagonistisch gleich stark aus gleichen Winkeln über und unter der Horizontalen beleuchtet werden, stets zur oberen Lichtquelle. Von unten kommende Strahlen wirken auch deshalb schwächer, weil sie nicht mehr die ganze Spitze treffen und zum großen Teil an dieser reflektiert werden.

Ein Beweis für die Richtigkeit obiger Annahme liegt darin, daß bei Ausschaltung der Spitzen durch Verdunklung mit Staniolekkappen im letztbeschriebenen Versuch Kompensation eintritt.

Die Unterschiedsempfindlichkeit betrug bei den gewählten Lichtintensitäten 1,5–2 %. Damit stimmt gut überein, daß die Koleoptilen die Lichtrichtungen 90° und 80° mit der Sinusdifferenz 0,015 eben unterscheiden. Die Unterschiedsempfindlichkeit für verschiedene Lichteinfallrichtungen hängt nicht von der Winkeldifferenz, sondern von der Sinusdifferenz dieser Winkel ab, nach der sich der Beleuchtungsunterschied richtet. Es werden daher z. B. 10° und 9° bereits unterschieden.

Eine Prüfung der Reizmengenschwellenwerte muß die Beleuchtung der Spitzen zur Grundlage haben, da nur diese die Reaktion herbeiführen. Es kommen also nur die Einfallswinkel zur Spitze und nicht die zur Basis der Koleoptilen in Betracht. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich für die Winkel zwischen 15° – 90° ein konstanter Schwellenwert, unter der Horizontalen ein leichtes Anwachsen desselben, das sich aus den früher angeführten Ursachen erklärt.

Als Gesamtergebnis ergibt sich demnach für *Avena*-koleoptilen die Gültigkeit eines Sinusgesetzes des Phototropismus. Auch dieses Ergebnis spricht für die Intensitätstheorie und gegen die Richtungshypothese des Phototropismus. *Autoreferat.*

Über Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen von Luft- und Wasserspalten. Anschließend an frühere Experimente von *Iljin*, der bei einer großen Anzahl russischer Steppenpflanzen beobachtete, daß dem Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen entsprechende Oszillationen des osmotischen Wertes der Schließzellen parallel gehen, untersuchte *Anna Luise Steinberger* (Biol. Centrbl. 42, 1922) eine Reihe von Gartenpflanzen, um zu ermitteln, ob hier entsprechende Verhältnisse vorliegen. Sie konnte im wesentlichen die Resultate *Iljins* bestätigen. Sowohl durch Belichtung wie auch durch hohe Wasserbilanz wird der osmotische Wert in den Schließzellen ganz wesentlich erhöht — im Extrem auf 90° Atmosphären! —, während er in den beobachteten Epidermiszellen sehr tief liegt. Bei Verdunklung und Wassermangel dagegen wird er in den Schließzellen so stark herabgesetzt, daß sich die Differenz zwischen den Epidermiszellen ausgleicht. Der ökologische Sinn dieses Verhaltens ist klar. Hoher osmotischer Wert setzt die Spaltöffnungszellen instand, ihrer Umgebung viel Wasser zu entziehen und hohe Turgeszenz anzunehmen; dies führt zur Öffnung des Spaltes, und eine solche wird angestrebt erstens bei großem Transpirationsbedürfnis und zweitens bei guter Belichtung, um möglichst viel Kohlensäure für die an das Licht geknüpfte Assimilation aufnehmen zu können. Der

Öffnungszustand der Spalten wird also von der Pflanze aktiv durch Variation des osmotischen Werts reguliert. Hierbei spielt offenbar die Umwandlung von Stärke in Zucker und umgekehrt eine große Rolle, denn sehr häufig verschwindet die Stärke beim Öffnen und erscheint wieder beim Schließen des Spaltes. Indessen treten gleichsinnige Schwankungen des osmotischen Wertes auch bei Pflanzen auf, deren Schließzellen frei sind von Stärke (Alliumarten). Entsprechend der Tatsache, daß bei Pflanzen feuchten Standorts das Spiel der Spaltöffnungen fast ausbleibt, haben auch die osmotischen Schwankungen eine geringe Amplitude: Die Wasserspalten schließen sich in ihrem Verhalten bei Wassermangel und Wasserüberschuß den Spaltöffnungen an, sind dagegen dem Lichte gegenüber indifferent sowohl hinsichtlich des Öffnungszustandes als auch des osmotischen Wertes; das stimmt damit überein, daß sie nur noch die Wasserausscheidung zu besorgen haben; manche Wasserspalten freilich (z. B. *Alchemilla*, *Impatiens*) schließen sich im Dunkeln und setzen den osmotischen Wert herab. Das hängt offenbar damit zusammen, daß sich die Wasserspalten phylogenetisch von Spaltöffnungen ableiten.

Sekundäre Geschlechtsmerkmale bei Brandspitzen. Die Sporen der Brandpilze keimen nicht direkt zu einem typischen Myzel aus, sondern sie bilden zunächst einen kurzen Keimschlauch, der „Sporidien“ in wechselnder Zahl abgliedert. Erst von diesen Sporidien, die sich durch Teilung noch sehr stark vermehren können, geht die Myzelbildung aus, und zwar anschließend an einen Sexualakt, der in der Verschmelzung zweier geschlechtlich verschieden gestimmter Sporidien besteht. Zu einer morphologischen Differenzierung der beiden Sorten von Sporidien ist es indessen noch nicht gekommen; erst im Kreuzungsexperiment tritt der Geschlechtscharakter deutlich hervor. Neuerdings freilich ist es *Bauch* im Anschluß an Beobachtungen von *Kniep* geglückt, weitere Unterschiede im Verhalten der beiden Sporidiensätze aufzudecken (Biol. Centrbl. 42, 1922). Werden Brandsporen von *Ustilago violacea* auf Malzlösungen kultiviert, dann treten die Sporidien beider Geschlechter in gleicher Anzahl auf. Bei Kultur auf Malzgelatine aber wird das eine (das „b“) Geschlecht mehr oder minder bis zu völliger Unterdrückung gehemmt. Durch Veränderung der Versuchsbedingungen konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß Glutinabbauprodukte der Albuminosen- und Peptonstufe das maßgebende Agens sind. Die beiden Sporidiensorten reagieren also demselben Stoff gegenüber deutlich verschieden, und es gibt auch Versuchsbedingungen, bei denen nicht das „b“, sondern das „a“-Geschlecht zurückgedrängt wird. Es handelt sich hierbei also offenbar um die Anfänge der Herausbildung sekundärer Geschlechtscharaktere, wie solche bei manchen Jochpilzen in noch viel deutlicherem Maße nachweisbar sind.

Eine neue Methode der Wachstumsregistrierung beschreibt *J. V. Koningsberger* in seiner Abhandlung „Tropismus und Wachstum“ (Utrecht 1922). Die Apparatur ist folgende: Die Versuchspflanze (Haferkeimling) ist auf einem Auxanometer derart montiert, daß beide eine feste Einheit bilden und Erschütterungen keine Kurvenstörung hervorrufen können. Wenn die Pflanzenspitze ein bestimmtes Stück gewachsen ist, dann schließt sie vermittle einer feinen Kontaktvorrichtung einen elektrischen Strom. Durch den Stromschluß nun wird erstens die Kontaktvorrichtung um eine bestimmte Strecke (5 μ , 10 μ usw.)

gehoben, zweitens eine Registriertrommel um einen minimalen Betrag gedreht und drittens eine an dieser Trommel entlang gleitende und dabei eine gerade Linie zeichnende Feder an ihren Ausgangspunkt zurückversetzt. Da sich die Trommel aber inzwischen gedreht hat, entsteht eine zur vorhergehenden parallele Gerade. Das Spiel wiederholt sich bei jeder neuen Auslösung, und es entsteht eine Reihe von geraden Linien, deren Länge der Zahl der Sekunden entspricht, welche die Pflanze zu einem Wachstum von 5 μ , 10 μ , usw. gebrauchte. Durch Verbindung der Gipfel dieser Geraden erhält man die gesuchte Wachstumskurve. Der Hauptvorteil dieser neuen Selbstregistrierungsmethode liegt darin, daß sie bei völliger Dunkelheit erfolgt: denn alle Methoden, die mit Licht arbeiten (rotes Licht zur Ablesung, gelbes Licht bei der photographischen Selbstregistrierung von *Lundegårdh*), haben den Nachteil, daß dadurch unkontrollierbare Wachstumsänderungen herbeigeführt werden. Ferner ist es möglich, die Registrierung während der Rotation der Pflanze auf dem Klinostaten vorzunehmen, was für verschiedene Fragestellungen von großer Bedeutung ist; und schließlich können Registriertrommel und Versuchspflanze in verschiedenen Räumen aufgestellt werden. Mit dieser neuen Apparatur hat *Königsberger* eine große Menge von Wachstumsmessungen angestellt. Von seinen mannigfaltigen Ergebnissen sei nur folgendes angeführt: das die Koleoptile durchbrechende Primärblatt zeigt keine Photowachstumsreaktion und ist entsprechend aphototropisch. Die Anpassung der Koleoptile an Dauerlicht von 90 MK. erstreckt sich über mehr als 5 Stunden. Eine Dunkelwachstumsreaktion gibt es nicht; was bisher als solche gedeutet wurde, ist eine von der vorhergehenden Belichtung stammende Nachwirkung. Sowohl phototropische Sensibilität wie auch Photowachstumsreaktion sind in verschiedenen Wellenbezirken verschieden und gehen einander völlig parallel. Rotation an der horizontalen Klinostatenachse führt zu keiner Wachstumsreaktion, dagegen wird das Wachstum durch längs zur Organachse angreifende Schwerkraft beschleunigt.

Über die Ernährung der grünen Halbschmarotzer. Im Gegensatz zu den alten Angaben von *Bonnier*, wonach die grünen Halbschmarotzer nur eine sehr geringe Assimilationsfähigkeit aufweisen sollen, herrscht heute ziemlich allgemein die Auffassung, daß der Chlorophyllapparat noch normal funktioniert, und daß es bei der parasitischen Lebensweise hier in erster Linie auf den Wasser- und Nährsalzstrom abgesehen ist. Da exakte Messungen hierüber noch nicht vorliegen, hat *Kostytschew* (Ber. d. d. bot. Ges. 40, 1922) quantitative Bestimmungen der Assimilationsenergie ausgeführt. Als Maß diente ihm die von 1 qcm Blattfläche pro Stunde aufgenommene CO_2 -Menge. Dabei ergaben sich für grüne Halbschmarotzer (*Euphrasia*, *Alectrolophus* und *Melampyrum*) und normale Pflanzen derselben Familie (*Veronica*, *Linaria*) nahezu identische Werte. Dagegen zeigte sich eine Disharmonie zwischen der Leistungsfähigkeit des Wurzelsystems und der Transpiration: abgeschnittene Sprosse wiesen eine wesentlich höhere Wasseraufnahme auf als intakte Pflanzen. Dieses Mißverhältnis stellt nach *Kostytschew* den phylogenetischen Anlaß zur Produktion von Wurzelhaustorien dar, und es ist sehr wohl vorstellbar, daß sich erst sekundär hieraus der Holoparasitismus entwickelt hat, indem dem Wirt mehr und mehr auch organische Stoffe entrisen werden. Damit ging dann eine Reduktion des Chlorophyllapparates Hand in Hand.

Die Fangvorrichtung der Utriculariablase. In einer früheren Nummer dieses Jahrgangs wurde auf Versuche von *Merl* hingewiesen, die den Mechanismus der Fangblasen von *Utricularia* (Wasserschlauch) zum Gegenstand hatten. Es konnte gezeigt werden, daß die Blasen eine Pumpbewegung auszuführen vermögen, vorwiegend derer Wasser und feste Gegenstände in das Innere hineingesogen werden. Über die Ursachen dieses Saugmechanismus gelangte *Merl* zu keiner sicheren Entscheidung, jedoch sprach er auf Grund bestimmter Beobachtungen die Vermutung aus, es könne sich um einen Fall von Erschütterungsreizbarkeit (*Seismonastie*) handeln, wie sie auch den Reaktionen der insektenfressenden *Dionaea* zugrunde liegt. Hier setzt nun eine neue Arbeit von *Czaja* ergänzend ein. Nach eingehender Analyse des Blasenbaus und der Blasenfunktion gelangt er zu dem Ergebnis, daß Turgorschwankungen im Innern der Zellen keineswegs das treibende Agens sind; und daß es sich somit nicht um seismonastische Reaktionen handelt. Vielmehr ist das Einsaugen ein rein mechanischer Vorgang, der in folgender Weise zustande kommt: an der Innenwand der Blase befinden sich vierarmige Haare, welche die Blasenflüssigkeit energisch resorbieren. Da nun die Klappe im ruhenden Zustand der Blasenöffnung fest angepreßt und noch durch Schleim abgedichtet ist, so kann kein Wasser nachdringen und es entsteht im Innern eine Zugspannung, die zu einer Einwölbung der Blasenwände führt. Wird nun durch einen äußeren Eingriff die Klappe ein wenig abgehoben, was in der freien Natur dadurch geschieht, daß Tiere mit den wie Hebel wirkenden, der Klappe aufsitzenden Borsten in Berührung kommen, dann wird Außenwasser mit großer Gewalt eingesogen und Blasenwände und Klappe schnellen wieder in ihre Ruhelage zurück. Nach ca. $\frac{1}{4}$ Stunde kann eine erneute Reaktion erfolgen. Natürlich ist für die Pflanze nicht das Nachsaugen des Wassers, sondern die gleichzeitige Einführung tierischer Beute das ökologisch bedeutungsvolle Moment.

Über die Lärchenmykorrhiza. Schon seit alters her ist das gesellschaftliche Auftreten von Lärche und einem bestimmten Röhrenpilz (*Boletus elegans*) bekannt, so daß *Lindgren* 1845 den Ausspruch tun konnte: Ubi Larix, ibi *Boletus elegans*. Es ist nun *Melin* in neuester Zeit geglückt, die Ursache dieser gegenseitigen Abhängigkeit, die sich auch darin äußert, daß überall dort, wo die Lärche eingeführt wird, auch *B. elegans* erscheint, aufzuhellen (Svensk. Bot. Tidskr. 1922). *Boletus elegans* ist nämlich der Erreger der Wurzelverpilzung (Mykorrhiza) der Lärche. Dieser Nachweis wurde in folgender Weise geführt: Gewebekomplexe aus dem Fruchtkörper von *B. elegans* wurden steril ausgeschnitten und in Kultur genommen. Von den Sporen auszugehen, erwies sich als undurchführbar, da diese nicht keimten. Gleichzeitig wurden Lärchenpflänzchen aus Samenmaterial, das vorher mit Sublimat von Keimen befreit wurde, ebenfalls steril in Erlenmeyerkölbchen aufgezogen. Sie zeigten naturgemäß keine Wurzelverpilzung. Eine solche konnte aber jederzeit hervorgerufen werden, wenn man die Pflänzchen mit Myzel von *B. elegans* impfte. Das Myzel umschlang die Wurzel in typischer Weise, drang ins Innere des Gewebes ein und bildete in den Zellen dichte Hyphenknäuel. Es entstanden genau dieselben Bilder, die man unter natürlichen Verhältnissen an Lärchenwurzeln beobachtet. Dagegen verliefen Versuche, mit demselben Myzel Kiefer- oder Tannenwurzeln zu infizieren, erfolglos. Nun hatte

Melin schon früher die Mykorrhizenpilze der Kiefer und Tanne in Kultur genommen; über ihre systematische Zugehörigkeit ließ sich nichts sagen, da sie keine Fruchtkörper bildeten. Bei der Kiefer konnten drei Formen nebeneinander nachgewiesen werden, und zwei von diesen sind nun auch imstande, bei der Lärche Mykorrhizen hervorzurufen. In einem Fall liegt also Spezialisierung vor; im andern fehlt eine solche — soweit man aus diesen orientierenden Versuchen verallgemeinern darf. Das Mykorrhizenproblem ist damit in ein neues Stadium getreten. Es liegen zahlreiche Anhaltspunkte dafür vor, daß eine Menge anderer Pilzgattungen bei der Mykorrhizenbildung in Frage kommen, und die weitere Analyse wird am besten an jene überaus zahlreichen Beispiele anknüpfen, wo bestimmte Pilzarten in ihrer Verbreitung an ganz bestimmte Baumspezies geknüpft sind wie Trüffel und Fichte, Butterpilz (*Boletus luteus*) und Kiefer usw. Die bestimmte lautende Angabe von *Pekla*, wonach für die Mykorrhiza der Hain- und Rotbuche Schimmelpilze (*Penicillium*, *Citromyces*) in Frage kommen, hält, wie *Melin* mit Recht betont, trotz des Widerspruchs von *Pekla* (*Svensk. Bot. Tidskr.* 1922) der Kritik nicht stand.

Über die Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen Blütenstielbewegungen. Mit den Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen Blütenstielbewegungen beschäftigt sich eine Arbeit von *Emma Maria Schmitt* (*Zeitschr. f. Bot.*, 14, 1922). Als Versuchsobjekte dienten Fingerhut (*Digitalis*), Eibisch (*Althaea*) und Leinkraut (*Linaria cymbalaria*). Beim Fingerhut (*Digitalis purpurea*) liegen die Verhältnisse unter normalen Bedingungen so: die jungen Blütenknospen stehen vom Stengel vertikal ab, während der Blüte senkt sich dann der Stiel nach unten, und bei der Fruchtreife krümmt er sich senkrecht nach oben. Diese aufeinanderfolgenden Reaktionen sind der Ausdruck eines geotropischen Stimmungswechsels: transversaler, positiver und negativer Geotropismus lösen einander ab. Experimentell ergibt sich nun, daß das Aufrichten des Blütenstiels unterbleibt, wenn man durch Abschneiden der Narbe oder der Antheren (unter gleichzeitigem Ausschluß von Insektenbesuch!) die Befruchtung verhindert. Daß nicht etwa der Wundreiz die Reaktion hemmt, geht daraus hervor, daß Eingipsen der Narbe genau so wirkt wie Abschneiden, und daß andersartige Verwundungen keinen negativen Erfolg hervorrufen; ferner gelingt es bei den der Antheren beraubten Blüten nachträglich, ein Aufkrümmen der Stiele zu erzielen, wenn man künstlich bestäubt. Versuche mit Fremdbestäubung ergaben, daß immer dann die geotropische Umstimmung ausbleibt, wenn keine Befruchtung (kenntlich am fehlenden Samenansatz) erfolgt: Pollen von anderen *Digitalis*-arten (*D. lutea*, *D. ambigua* etc.) bewirkt Befruchtung und Umstimmung, Pollen von *Pentstemon*, *Antirrhinum*, *Linaria* bewirkt keinen Samenansatz und keine Umstimmung. Trotzdem ist auch in diesem Fall der Pollen ausgekeimt, aber die zytologische Untersuchung ergab, daß er nicht bis in den Fruchtknoten vorgedrungen war. Die Pollenkeimung allein genügt also nicht, um die Umstimmung auszulösen; das gilt auch für den arteigenen Pollen: verhindert man seinen Eintritt in den Fruchtknoten, dann bleibt die Aufrichtung aus. Ähnlich wie *Digitalis* verhält sich der Eibisch. Dagegen stellt *Linaria cymbalaria* einen andern Reaktionstypus dar. Die Blütenstielbewegungen sind hier in erster Linie von dem Lichte dirigiert.

Die jungen Blütenstiele sind negativ phototropisch (nickende Lage der Blütenknospen), während der Blüte herrscht positiver Phototropismus (Aufrichten der Knospen) und bei der Samenreife kehrt sich der Blütenstiel infolge eines erneuten Stimmungswechsels wieder vom Lichte ab. Der ökologische Sinn dieses ganzen Vorgangs ist klar: die als Schauapparat dienende Blüte wendet sich dem Lichte zu, der reifende Fruchtknoten aber kehrt sich vom Lichte ab, um die Samen in Mauerritzen oder Erdfurchen zu versenken. Der Umschlag von positiver zu negativer Stimmung erfolgt auch hier mit dem Abblühen und beginnt an der Basis des Blütenstiels, wandert nach oben und zuletzt folgt die Stielspitze, so daß längere Zeit eine S-Kurve zustande kommt. Auch hier wurde nun mit den angegebenen Methoden die Befruchtung verhindert, und es zeigte sich nun, daß der untere Teil des Blütenstiels normal reagiert, also offenbar vom Befruchtungsreiz unabhängig ist, daß dagegen der Spitzenteil dem Lichte zugekehrt bleibt, so daß ein Knick im Blütenstiel zustande kommt. Bloß die apikale Zone entspricht also dem Blütenstiel von *Digitalis*. Interessant sind noch einige Wachstumsmessungen; es ergaben sich 2 Hauptwachstumsperioden, die durch eine Phase der Ruhe getrennt sind. Die erste Periode entspricht der Aufrichtung, die zweite der Senkung des Blütenstiels; die zweite Wachstumsperiode setzt an der Basis des Stiels ein und schreitet apikal fort — genau wie die Umstimmungsreaktion. Und die Analogie geht noch weiter: wird die Befruchtung verhindert, dann bleibt der Spitzenteil, der auch keine Reaktion zeigt, von der zweiten Wachstumsphase ausgeschlossen.

Kulturversuche mit isolierten Wurzelspitzen. Versuche über das Verhalten isolierter Zellkomplexe höherer Pflanzen wurden schon von verschiedener Seite angestellt. Diese Experimente erstreckten sich aber fast durchweg auf Dauergewebe. Entsprechende Versuche mit embryonalem Gewebe hat in neuester Zeit *W. Kotte* (*Beitr. z. allg. Bot.* 2, 1922) angestellt. Als Objekte dienten ihm die Wurzelspitzen von *Pisum* und *Zea*, die 1–2 mm Länge besaßen und steril auf Agar kultiviert wurden. Um ein Gedeihen der isolierten Spitzen zu ermöglichen, ist es nötig, dem Agar neben den Nährsalzen auch organische Stoffe zuzufügen. In erster Linie handelt es sich hierbei um Kohlehydrate — als beste Nährstoffquelle erwies sich Fruktose und Glukose —, während die im Gewebe vorhandenen Eiweißreserven für eine Weiterentwicklung ausreichen. Unter günstigen Umständen kann dann eine Längszunahme um das 25fache (Erbsen) bis 70fache (Mais) erfolgen. Wurzelspitzen werden gebildet, es finden Zellteilungen statt und die Gewebe differenzieren sich in üblicher Weise — alles Meristem geht in Dauergewebe über. Beim Mais werden sogar Seitenwurzeln angelegt. Solche Versuche glücken nicht bloß mit Wurzelspitzen, sondern auch mit weiter rückwärts liegenden Zonen, aber der Erfolg nimmt schrittweise ab. So wurden in einem Versuche 4 aufeinanderfolgende Scheibchen von je 1 mm Länge einzeln kultiviert. Der Zuwachs betrug bei Scheibe I (Spitze) 17 mm, bei II 4,0; bei III 1,8; bei IV 1,2 mm. Das entspricht ziemlich genau dem gegenseitigen Verhältnis, das die 4 Zonen erreicht haben würden, wenn sie in organischem Zusammenhang miteinander gewachsen wären. Scheibe III hatte außerdem die Spitze regeneriert. Eine solche Spitzenregeneration isolierter Scheiben erfolgte immer nur am apikal gerichteten Ende, die

Polarität ist also erhalten geblieben. Wie groß die Produktionsleistung der Wurzelsegmente ist, ist daraus zu ersehen, daß, der abnormen Ernährungsverhältnisse ungeachtet, bei einer Trockengewichtsbestimmung ein Zuwachs von 1125 % ermittelt wurde. Nach höchstens 12 Tagen erlosch in allen Fällen das Wachstum, ohne daß sich die Gründe hierfür klar formulieren lassen; mutmaßlich liegt es an der Beschaffenheit der Nährlösung. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß man bei geeigneten Kulturbedingungen einmal ganze Pflänzchen aus solchen Wurzelspitzen züchten kann.

Starke.

Physiologische Mitteilungen.

Die Geschwindigkeit der Pulswelle des Menschen.

(J. Crighton Bramwell und A. V. Hill. Proc. of the roy. soc., Ser. B., Bd. 93, Nr. B 652, S. 298—306, 1922.) Ausführungen über die theoretischen Grundlagen der Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle und Mitteilung der Resultate eigener experimenteller Untersuchung an einer isolierten menschlichen Arterie.

Unter bewußter Vereinfachung der theoretischen Grundlagen greifen die Autoren auf eine Formel von

Moens zurück: $v = \sqrt{\frac{E}{2\rho g}}$ (v : Geschwindigkeit der Pulswelle, E : Elastizitätsmodul, c : Dicke der Arterienwand, g : Dichte des Blutes, y : Gefäßradius). Durch Einführung des Druckes p (in Millimetern Hg) und des Volumens/Längeneinheit V wird die für die experimentellen Untersuchungen so unbrauchbare Formel umge-

wandelt in die Form: $v = 0,357 \sqrt{\frac{V}{dV/dp}}$ für v in m/Sek. und für $q = 1,055$.

$\frac{dV}{dV/dp}$ ist aber der relative Volumzuwachs des Gefäßes pro Millimeter Hg Druckzuwachs. Ausgedrückt in Prozenten ergibt sich die für die experimentelle Prüfung geeignete Gleichung:

$$v = \frac{3,57}{\sqrt{\text{prozentualer Volumzuwachs/mm Hg Druckzuwachs}}}$$

Die Autoren benutzen eine Arbeit von Roy (1880), welche die Beziehungen zwischen Volumen und Druck, gemessen an Tierarterien, enthält, und berechnen auf Grund dieser Zahlen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle bei verschiedenen Drucken. Es ergibt sich eine fast konstante Geschwindigkeit unterhalb eines Druckes von 80 mm Hg, dem normalen diastolischen Druck des Menschen; mit steigendem Druck erfolgt ein immer rascheres Ansteigen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die berechneten absoluten Werte (2,33—3,6 m/Sek.) sind bedeutend kleiner als die beim Menschen festgestellten; die Autoren führen das darauf zurück, daß Roy, um die Wirkung der elastischen Nachdehnung zu vermeiden, bei seinen Untersuchungen den Druck sehr langsam einwirken ließ, was ein zwar statisch richtiges, jedoch dynamisch falsches Resultat ergibt, indem ein nur kurz einwirkender Druck eine geringere Volumenvermehrung zur Folge hat als ein lang dauernder. Die Werte für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gelten alle relativ zum Blut, so daß zur Berechnung der Geschwindigkeit relativ zur Gefäßwand eine kleine Korrektur wegen der Bewegung des Blutes angebracht werden muß. — Es folgt Beschreibung eigener experimenteller Untersuchungen an einer isolierten, 6,84 cm langen menschlichen Arterie über die Geschwindigkeit einer Welle bei ver-

schiedenem Druck. Zur Verlangsamung der Welle wurde Hg verwendet; der Druck des Hg konnte beliebig variiert werden, die Welle wurde durch Stoßen oder rasche Kompression des zuführenden Gummischlauches in einiger Entfernung erzeugt, das Maß ihrer Geschwindigkeit durch Registrierung der Ankunft der Welle kurz vor und nach der Arterie mittels zweier Hebel aufgezeichnet. Es ergab sich hier ebenfalls, daß bei einem Druck unterhalb von 80 mm Hg die Geschwindigkeit fast konstant ist und daß bei steigendem Druck die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle rasch zunimmt. Die absoluten Zahlen (ca. 5 m/Sek.) stimmen mit denen beim Menschen beobachteten gut überein. Die Autoren ziehen daraus den Schluß, daß die Fortpflanzung der Pulswelle eine Folge rein mechanisch wirkender Faktoren ist und daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur von den elastischen Eigenschaften der Gefäßwand abhängt.

Adolf Schott, Bad Nauheim.

Kongresszentralblatt für die gesamte innere Medizin.

Der Stoffwechsel im Hunger und bei Unterernährung. (Francis G. Benedict, New York med. journ. Bd. 115, Nr. 5, S. 249—256, 1922.) Zusammenfassender Vortrag über die mehrjährigen Untersuchungen der Böstöner Laboratorien. Von kurzen Hungerversuchen bis zu 7 Tage Dauer wurden 14 an 10 Personen ausgeführt, ferner ein einziger Versuch mit vollständiger Nahrungsenthaltung von 31 Tagen. Beide Arten ergaben das gleiche: erst vom 5. bis 6. Tag an ist der Einfluß der vorangegangenen Ernährung nicht mehr bemerkbar. Die Wärmebildung fällt vom 3. bis 6. Tag ziemlich rasch, um dann nur ganz allmählich weiter abzunehmen. Beim Gewichtsverlust von 13,25 kg = 22 % des Anfangsgewichts kommen etwa die Hälfte auf Rechnung des Wassers; die Anpassung der Wasservorräte an die Stoffzersetzungen im Hunger verursacht auch den starken Gewichtssturz während der ersten Woche. Während der ersten Tage wird ein Kilo, etwa vom 5. Tag an wird $\frac{1}{2}$ kg jeden Tag eingebüßt. Glykogen wird während der ersten zwei Tage etwa 180 g, später nur noch 20—40 g verbraucht. Entsprechend steigt der Fettverbrauch bis zum dritten Hungertag ein wenig an, um dann wieder ganz allmählich abzunehmen. Die Wärmeproduktion — nachts während des Schlafens bestimmt — nimmt ab, auch bei Berechnung auf die Oberfläche. Dies ist noch wenig deutlich am Ende der ersten Woche, später aber bildet sich eine ganz begreifliche Abnahme aller Funktionen und damit auch des Gaswechsels heraus. Der Verbrauch an Eiweiß, mineralischen Bestandteilen, die Ausscheidung der N-haltigen Schlacken, der Acetonkörper zeigt das bekannte Bild; starke Umstellungen während der ersten Woche machen dann einem gleichmäßigen Verhalten Platz. Die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Muskelgruppen konnte nicht richtig geprüft werden, in intellektueller Hinsicht hat die Lebhaftigkeit des Mannes in keiner Weise nachgelassen. Stimmen mit diesen vollkommen harmlosen Folgeerscheinungen einer plötzlichen gänzlichen Nahrungsenthaltung auch diejenigen überein, die sich bei chronischer Unterernährung einstellen? Zur experimentellen Prüfung dieser Frage dienten 12 Studenten, die während der ganzen Zeit ihrer täglichen sportlichen und geistigen Arbeit im College in gleicher Weise nachgingen wie ihre Kameraden. Sie bekamen auch das gleiche Essen wie jene, nur entsprechend kleinere Portionen. Während der ersten sechs Wochen verloren sie rund 12 % ihres Gewichts; dann wurden die Portionen in dem Maße vergrößert, daß sie nun zur

Erhaltung der geringeren Körpermaße ausreichen. 12 weitere Studenten, bei voller Kost gehalten, dienten zur Kontrolle, indem sie sich ebenfalls sämtlichen Prüfungen in gleicher Weise unterzogen. Die Wärmeproduktion pro Oberflächeneinheit war um 18 % geringer als bei Beginn der Versuche; während des Schlafes um rund 25 % kleiner als normal; dementsprechend genügten 1950 Calorien zur Erhaltung gegenüber 3200 in der Norm. Der N-Verlust hat je Mann etwa 150 g betragen. N-Gleichgewicht bei etwa 10,5 g Harn-N gegen 14 g sonst. Auffallend niedrige Pulszahl 29–32 bei zahlreichen Messungen, auch Blutdruck herabgesetzt. Hauttemperatur geringer, im Rectum nicht. Dagegen wurde die Winterkälte unangenehm empfunden. Keine Änderungen in geistiger Beziehung, geringe Abnahme sportlicher Betätigung, also, im Gegensatz zu den Wirkungen der Unterernährung auf ein ganzes Volk. Rasche Auffütterung und Zunahme des Gewichts weit über Anfangsgewicht hinaus möglich. Die möglichen Schädigungen durch die viel länger dauernde Unterernährung bei der Hungerblockade (Verbrauch der Reserven an Ergänzungstoffen, jugendliche Individuen) werden kurz gestreift.

Thomas, Leipzig.

Berichte über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie.

Die trophische Innervation. (I. P. Pawloff, Festschr. z. 50jähr. Amtsjubil. d. Prof. Netschajew, Obuchow-Krankenh. St. Petersburg, Bd. I, S. 1–4, 1922.) Der Autor weist auf die Mittel und Tatsachen hin, welche der klinischen Medizin empirisch gut bekannt sind, und denen die Physiologie keine Erklärung zu geben vermag. Zu solchen Erscheinungen gehören der Schock und verschiedene neurotrophische Störungen. Experimentell ist es leider unmöglich, das Vorhandensein trophischer Nerven festzustellen. Auf Grund von Beobachtungen, welche der Verf. im Tierexperiment machte, gelangt er wie auch eine Anzahl von Klinikern zur Unmöglichkeit, die Existenz besonderer Nerven zuzugeben, welche einen Einfluß auf die Lokalerkennung der Gewebe ausüben. Bei den Tieren, an welchen Prof. Pawloff Operationen am Verdauungskanal ausführte, stellte er solche Veränderungen der Haut, Schleimhaut der Mundhöhle fest, welche die Klinik als trophische Erkrankungen qualifiziert. Außerdem beobachtete der Autor Fälle von Tetanien, Paresen, eine akut verlaufende ascendierende Rückenmarkslähmung, eine Erkrankung des Gehirns und schließlich Schockerscheinungen. P. meint, daß die von ihm erwähnten Erscheinungen als Reflexe von den abnorm gereizten zentripetalen Nerven des Verdauungskanals auf besondere hemmende trophische Nerven verschiedener Gewebe zurückgeführt werden müssen. Nach der Meinung des Autors ist es möglich, sich das Vorhandensein eines antagonistischen Paares trophischer Nerven vorzustellen, welche die Lebensfähigkeit der Gewebe bald heben, bald hemmen. P. weist auf die Existenz eines solchen Paares von Herznerven hin, welche auf die Vitalität des Herzmuskels eine zweifache Wirkung ausüben, indem sie diese Lebensfähigkeit entweder heben oder reduzieren. Ihre Wirkung offenbart sich sogar am isolierten und blutleeren Herzen. In den Speicheldrüsen vermutet der Verf. gleichfalls die Existenz eines trophischen Nerven, dessen Einfluß in der Verstärkung des konstanten Lebenschemismus des Speichels besteht. Verf. weist

auf die unerklärliche Abhängigkeit hin, welche zwischen den Erkrankungen der Haut und des Verdauungsapparates besteht, und umgekehrt auf den Zusammenhang zwischen verschiedenen auf die Haut ausgeübten Einflüssen und Erkrankungen der inneren Organe (Pleura, Lungen). P. erblickt die Möglichkeit, alle diese Erscheinungen mit dem Vorhandensein eines antagonistischen Paares trophischer Nerven in Zusammenhang zu bringen. In diesem Fall könnte man geschilderte Erscheinungen als reflektorische Reize betrachten. Indem P. die altbekannte Tatsache der Zungenbelegtheit bei Verdauungsstörungen anführt, spricht er die Ansicht aus, daß diese Erscheinung als ein Reflex der hemmenden trophischen Nerven der Zungenschleimhaut qualifiziert werden kann, welcher durch das Vorhandensein von Reizmitteln infolge der Magenerkrankung hervorgerufen wird. Nach der Meinung des Verf. existieren drei Arten von Nerven, unter deren Kontrolle sich ein jedes Organ befindet: 1. Gefäßnerven, 2. funktionelle und 3. trophische Nerven. Diese dreifache Kontrolle ist am Herzen nachgewiesen. Weitere Untersuchungen in P.s Institut über diese Frage sind im Gange. (Vgl. Hesse, Ileitis et Colitis gangraenosa neurotrophica alimentaria. Mitteilungen aus den Grenzgebieten 35, H. 1/2, S. 205–213.)

I. Jacobson.

Über die Einwirkung der Kriegskosten auf die Basedowsche Krankheit. (Hans Curschmann, Klin. Wochenschr. Jg. I, Nr. 26, S. 1296–1298, 1922.) Es war dem Verf. während der durch die Blockade bewirkten Unterernährung aufgefallen, daß die Zahl der Basedowkranken ungewöhnlich gering geworden war und insbesondere die schweren Fälle sehr abgenommen hatten. Einige schwere Fälle von Basedow, die in ausgesprochen schlechten Ernährungsverhältnissen, d. i. ausschließlich von rationierten Lebensmitteln lebten, hielten sich merkwürdig gut. Seit Mitte 1919, wo die Ernährung sich besserte, vermehrte sich wieder die Zahl der Basedowkranken. Während der Unterernährungsperiode nahm andererseits die Zahl der Fälle von Hypothyreoidismus auffallend zu. Die Abnahme der Basedowfälle während der Hungerjahre glaubt Verf. darauf zurückführen zu müssen, daß zu reichliche Ernährung einen stimulierenden Einfluß auf die Schilddrüse ausübt; nicht nur das Fleisch, sondern auch das Fett und die übermäßige Calorienzufuhr überhaupt (ähnlich wie beim Diabetes) ist imstande, eine Steigerung der Funktion der Schilddrüse, beim Basedow also wahrscheinlich eine schädliche Erhöhung der inkretorischen Tätigkeit herbeizuführen. Verf. wagt noch nicht, diese Theorie zur praktischen diätetischen Nutzenanwendung, analog den Hungerkuren beim Diabetes, zu empfehlen; Fleischabstinenz hat sich allerdings schon immer beim Basedow bewährt. Die Wirkung der Unterernährung auf die Schilddrüse schien auch daraus hervorzugehen, daß eine auffallende Häufung des Myxödems während der Hungerjahre beobachtet werden konnte und daß bei bereits bestehender Thyreohypoplasie oder latentem Hypothyreoidismus durch besonders mangelhafte Ernährung eine deutliche Steigerung der hypothyreoiden Symptome entstand. Die Unterernährung hat sicherlich einen depressorischen Einfluß auf die Funktion der Schilddrüse.

Kurt Mendel.

Zentralblatt für die gesamte Neurologie und Psychiatrie.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 11. (Seite 189—212.)

16. März 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die statistische Methode in der Pflanzengeographie.
Von *Hugo de Vries, Lunteren*. S. 189.

Über Lumineszenz bei chemischen Reaktionen.
Von *H. Zocher und H. Kautsky, Berlin-Dahlem*. S. 194.

Ältere und neue Anschauungen über die Strömungen der Nordsee. Von *Georg Wüst, Berlin*. (Mit 4 Abbildungen). S. 199.

Höhe und Lage des Nordlichtes am 22. März 1920.
Von *Carl Störmer, Kristiania*. S. 202.

Besprechungen:

Driesch, Hans, Philosophie des Organischen. 2. Auflage. Von *Leon Asher, Bern*. S. 203.

Wentscher, Else, Das Problem des Empirismus. Von *Karl Gerhards, Aachen*. S. 204.

Wentscher, Else, Geschichte des Kausalproblems in der neueren Philosophie. Von *Erich Becher, München*. S. 205.

Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abtl. 1. Chemische Methoden. Teil 7. Spezielle analytische und synthetische Methoden. Heft 1. Von *H. Schotte, Dresden*. S. 205.

Garten, S., Beiträge zur Vokallehre. Von *A. Waetzmann, Breslau*. S. 206.

Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie. 4. Auflage. Von *H. Cloos, Breslau*. S. 207.

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie. 7. Auflage. S. 207.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:
Über den Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste. Von *Fr. Nölke, Bremen*. S. 207.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein).
Der phänologische Reichsdienst. S. 208.

Astronomische Mitteilungen. S. 209—210.

Ein Stern von außergewöhnlich großer Masse. Die Nachforschung nach kugelförmigen Sternhaufen. Das neue 50-Fuß-Interferometer des Mt. Wilson-Observatoriums. Untersuchungen über die Bewegung in Spiralnebeln.

Japanausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. S. 210.

Satzungen des Ausschusses zur Förderung des wissenschaftlich-medizinischen Nachwuchses (Hilfsausschuß der Rockefeller-Foundation). S. 211.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Beispiele z. mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenkrankheiten.

Von Geh. Reg.-Rat Dr. **Otto Appel**, Direktor der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Hon.-Professor an der landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 63 Textabbildungen. 1922. (IV, 54 S.) G. Z. 18

Die Reizbewegungen der Pflanzen. Von Dr. **Ernst G. Pringsheim**, Privatdozent an der Universität Halle. Mit 96 Abbildungen. (VIII, 326 S.) 1912. G. Z. 12

Die Variabilität niederer Organismen. Eine deszendenz-theoretische Studie. Von Dr. **Hans Pringsheim**. (VIII, 216 S.) 1910. G. Z. 7

Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier. Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden**, Direktor des Physiologischen Institutes der Universität Halle a. S. (XI, 128 S.) 1912. G. Z. 3.60

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 1200.— M. für März 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 300.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius
Konten Springer.



Listen frei!

Projektionsapparate Liesegang

Neu!

Janus-Epidiaskop

Neu!

(D. R. Patent 366 044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von Papier- und Glasbildern.

An jede elektrische Leitung anschließbar! Leistung vorzüglich!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach 124



Hermann Meusser

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

hält die gesamt naturwissenschaftliche Literatur auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preiswert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter **Nw. 293** an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

C. W. KREIDEL'S VERLAG IN BERLIN W 9, LINKSTRASSE 23-24.

Fritz Sarasin und Jean Roux:

NOVA CALEDONIA.

Forschungen in Neu-Caledonien und auf den Loyalty-Inseln.
Recherches Scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux Iles Loyalty.

Soeben erschien

C. ANTHROPOLOGIE

der Neu-Caledonier und Loyalty-Insulaner von **Dr. Fritz Sarasin.**

Mit einem Atlas von 64 Tafeln in Heliogravüre, Lithographie und Lichtdruck sowie 55 Kurvenzeichnungen und Abbildungen im Text. G. Z. 22.

Der anthropologische Teil des Gesamtwerkes ist die Frucht einer Forschungsreise des berühmten Schweizer Gelehrten in Neu-Caledonien und den Loyalty-Inseln in den Jahren 1911 und 1912.

Von dem Werk erschienen früher:

A. Zoologie.

Band 1 und Band 2.

G. Z. 72,50 G. Z. 74,65

B. Botanik.

Band 1.

G. Z. 53,40

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang.

16. März 1923.

Heft 11.

Die statistische Methode in der Pflanzengeographie.

Von Hugo de Vries, Lunteren.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Pflanzengeographie ist das Studium der Wanderungen, mittelst derer die Arten ihr jetziges Gebiet erreicht haben. Mit wenigen Ausnahmen sind diese Gebiete zusammenhängend, und dieses deutet darauf hin, daß jede Art auf einem bestimmten kleinen Standorte entstanden ist und von dort aus ihre Wanderungen angefangen hat. Jene Ausnahmen aber sind meist in auffallender Weise von geologischen Änderungen des Klimas bedingt worden; so haben sich z. B. die Pflanzen der Eiszeit einerseits auf den hohen Norden und andererseits auf die Alpen und sonstige Schneegebirge zurückgezogen. Sie lassen offenbar die Annahme eines einheitlichen Ursprunges ohne Schwierigkeit zu.

Es ergeben sich somit für jede Art zwei Fragen, erstens wo und wann sie entstanden ist und zweitens, nach welchen Gesetzen sie sich verbreitet hat. Die am weitesten verbreiteten Arten und Gattungen haben offenbar, abgesehen von besonderen Anpassungen, die längste Zeit gebraucht, um ihr jetziges Gebiet zu besetzen, und dürfen dementsprechend im allgemeinen als die ältesten betrachtet werden. Dazu kommt, daß es eine alte Erfahrung in der systematischen Botanik ist, daß gerade sie in jeder Familie oder Gruppe die Formen mit dem einfachsten Bau umfassen. In dieser Beziehung verhalten sich die Gattungen wie die Arten. In den größeren Familien sind die Gattungen mit dem geringsten Grade der Differenzierung in der Regel die am weitesten verbreiteten, während diejenigen mit sehr kompliziertem Bau meist ein beschränktes Gebiet bewohnen. Unter den Kryptogamen gilt diese Regel am deutlichsten, aber auch unter den Blütopflanzen tritt sie überall klar hervor. Zunehmende Ausbildung des Typus geht Hand in Hand mit abnehmender geographischer Ausdehnung.

Es ist klar, daß dieser Regel ein allgemeines Gesetz zugrunde liegen muß. Und dieses kann offenbar nur das sein, daß die einfacheren, weit verbreiteten Formen in jeder Gruppe die zuerst entstandenen sind. Sie haben am meisten Zeit gehabt, nicht nur um weithin zu wandern, sondern auch um zahllose neue Formen hervorzubringen. Diese Nachkommen aber werden im allgemeinen ein desto kleineres Gebiet erobern können, je später sie entstanden sind, je mehr Gelegenheit zu weiteren Differenzierungen ihre Vorfahren somit gehabt hatten.

Offenbar müssen Ausnahmen vorkommen, da die Verbreitungsmittel so sehr verschieden sind. Sehr feine Samen und solche mit Haarbüscheln oder Flügeln werden vom Winde leicht transportiert; die Samen der Beerenfrüchte werden von Vögeln und diejenigen mit Haken von allerhand Tieren verbreitet. Doch sind die Entfernungen, welche in dieser Weise erreicht werden, außer klein im Vergleich zum ganzen Gebiete, und es ist fraglich, ob sie in dieser Beziehung eine wesentliche Bedeutung haben. So haben z. B. unter den Kompositen die Gattungen ohne Pappus im allgemeinen keine geringere Verbreitung als diejenigen mit Haarkrönchen. Daraus geht hervor, daß dieses wichtige Verbreitungsmittel dennoch auf den Umfang des erreichten Gebietes und somit auf den Erfolg im Kampf ums Dasein auf die Dauer keinen entscheidenden Einfluß hat. In großen Familien sind oft solche spezielle Flugorgane abwesend oder doch sehr selten, wie z. B. bei den Doldengewächsen, und dennoch gehören sie zu den am weitesten verbreiteten.

Die Pflanzengeographie hat somit das Bedürfnis, die Verbreitung der Organismen unabhängig von solchen morphologischen Vorrichtungen zu studieren. Nur die tatsächliche Ausdehnung des Gebietes soll ihre Grundlage sein. Erst später, wenn für diese die allgemeinen Gesetze gefunden sein werden, kann die Frage nach der Bedeutung etwaiger sogenannter Anpassungen in den Vordergrund treten.

In einem im vorigen Jahre erschienenen Buche sucht J. C. Willis diese Aufgabe auf Grund einer neuen, statistischen Methode zu lösen (*Age and Area, Cambridge, at the University Press, 1922*). Eine rein empirische Vergleichung der jetzigen Gebiete der Arten und Gattungen innerhalb einer geographischen Region bildet dabei den Ausgangspunkt. Für eine scharf umschriebene Gegend, wie eine ozeanische Insel oder eine Gebirgsgruppe, kann man die Arten im allgemeinen in drei Abteilungen unterbringen. Einerseits solche, welche auch außerhalb jener Gegend in sehr weiter Ausdehnung vorkommen. Zweitens diejenigen, welche zwar auch außerhalb des Gebietes wachsen, aber doch nur in der nächsten Umgebung gefunden werden. Endlich die den fraglichen Gebiete eigenen, welche sonst nirgendwo leben. Diese letzteren nennt man endemisch; von den anderen werde ich hier die mit geringer Verbreitung als halbfremde; diejenigen mit großer Ausdehnung aber als fremde bezeichnen.

Vergleicht man nun die Verbreitung dieser drei Gruppen innerhalb des fraglichen Gebietes,

so ergibt sich, daß dabei eine allgemeine Regel vorwaltet. Die fremden haben die größte Ausdehnung; ihnen folgen die halbfremden, und die endemischen bewohnen die kleinsten Gebiete. Selbstverständlich gilt diese Regel nur im großen und ganzen und darf man nicht je eine Art mit einer willkürlich gewählten anderen vergleichen. Es handelt sich um die großen Züge der Erscheinung, und um diese empirisch darzustellen, muß man Mittelzahlen verwenden. Vergleicht man die Mittel für die drei namhaft gemachten Abteilungen, so gilt die Regel wohl stets und überall, aber auch wenn man die einzelnen Ordnungen, Familien und Gattungen betrachtet, bestätigt sie sich in den Mittelwerten. Und es reicht dabei fast stets aus, die Arten und Gattungen in Gruppen von zehn bis zwanzig verwandten Formen zu der Berechnung eines solchen Mittelwertes zu verbinden.

Wie man sieht, spielen in dieser Behandlungsweise die endemischen Arten eine wichtige Rolle. Solche sind aber in unserer Gegend höchst seltene Erscheinungen. Dafür sind sie aber in den Tropen und in der südlichen Hemisphäre um so häufiger. Brasilien hat deren etwa 12 000, Ceylon über 800. Ozeanische Inseln und isolierte Gebirge sind daran besonders reich; manchmal bewohnt die ganze Art nur einen einzigen Berggipfel. So verhält es sich z. B. mit über hundert endemischen Arten von Ceylon. Oder die Pflanze ist auf ein einziges Tal oder auf eine Seite eines Gebirgskammes beschränkt, usw.

Solche sehr lokale endemische Arten der tropischen und subtropischen Gegenden sind scharf von den Endemismen der temperierten Zone in der nördlichen Hemisphäre zu unterscheiden. Die Flora der gemäßigten Gegenden von Nordamerika, Europa und Asien steht wesentlich unter dem Einfluß der geologischen Vorgänge während der Eiszeit. Als die polare Eismasse sich allmählich über Norddeutschland ausdehnte, wurden auf großen Gebieten sämtliche Pflanzen getötet, und als sich dann später die Gletscher zurückzogen, wurde das freikommende Land von neuen Eindringern besetzt. Viele Arten müssen dabei ganz ausgeremert worden sein, während andere, hier und dort, an den Grenzen des Eismeeres geschützte Stellen fanden, wo sie ausharren konnten. Je nachdem nun eine Art auf nur einer einzigen Stelle überlebte oder in zwei oder drei mehr oder weniger entfernten Gegenden, entstanden endemische Typen oder solche mit getrennten Gebieten. Ein sehr bekanntes Beispiel bietet die *Monterey-Zypresse*, welche nur noch auf einer kleinen Halbinsel an der kalifornischen Küste vorkommt und dort nur über wenige Hektare verbreitet ist (*Cupressus macrocarpa*). Man sagt oft, daß sie dort allmählich aussterbe, hat aber für diese Behauptung gar keinen Grund. Der kleine Wald, den ich in 1904 die Gelegenheit hatte zu besuchen, wächst ebenso kräftig wie jede andere einheimische Pflanze und

zeigt gar keine Andeutungen eines stetigen Rückschrittes. Dieser Baum eignet sich ganz besonders für die Kultur, ist im südlichen Teile von Kalifornien einer der geliebtesten in den Anlagen und findet sich auch sonst in Ländern mit subtropischem Klima ganz allgemein in den Anlagen.

Weitere Beispiele ließen sich zahlreich anführen. Es möge genügen, die bei uns kultivierten Gattungen *Maclura*, *Ceanothus*, *Ptelea*, *Symphoricarpus* sowie die amerikanische Fliegenfalle, *Dionaea muscipula*, zu nennen. Sie sind als Überbleibsel von während oder vor der Eiszeit weit verbreiteten Formen zu betrachten, und diese frühere Ausdehnung ist in sehr zahlreichen Fällen durch die Befunde der paläontologischen Forschung völlig bekanntgeworden. Um das Gebiet solcher Typen mit demjenigen anderer Arten zu vergleichen, sollte man stets die Fundorte der fossilen Überreste mitrechnen.

Man nennt solche Überbleibsel einer fossilen Flora gewöhnlich Relikte. Ihre Anzahl ist aber, trotz ihrer hohen geologischen und geographischen Bedeutung, im Vergleich zu den tropischen und subtropischen endemischen Arten nur eine geringe. Nordamerika hat etwa 400 solcher Relikte, während Brasilien, wie wir bereits gesehen haben, etwa 12 000 endemische Arten besitzt. Auf der ganzen Erde kann man die Relikte auf etwa 1—2 % aller endemischen Formen stellen. Bei der Berechnung von Mittelzahlen legen sie somit nur ein verschwindend kleines Gewicht in die Schale. Dazu kommt, daß für die südlicheren endemischen Typen nur in ganz seltenen Fällen fossile Reste bekannt sind; weitaus die Mehrzahl sind offenbar jüngere Bildungen. Auf den Kanarischen Inseln und auf Madeira findet man ziemlich viele Arten und Gattungen, welche sonst nirgendwo vorkommen, von denen aber in den tertiären Schichten in Europa Fossilien gefunden werden. Sie sind somit Relikte. Aber sie wachsen kräftig und sind offenbar für ihren jetzigen Kampf ums Dasein gut ausgerüstet. Sie zeigen, ebensowenig die Zypresse von Monterey, gar keine Andeutungen, daß sie im Aussterben begriffen seien. Überhaupt ist das Aussterben von Relikten keine Folgerung, welche mit irgendwelcher Notwendigkeit entweder aus ihrer paläologischen Geschichte oder aus ihrem jetzigen Verhalten abgeleitet werden kann. Wo sie ausgestorben sind, geschah solches durch klimatologische Änderungen, wo aber das Klima sich nicht ändert, haben sie ebensogute Aussichten auf Erfolg wie die große Menge ihrer Mitbewerber.

Im großen und ganzen betrachten wir somit die lokalen Formen der nördlichen Hemisphäre als Überbleibsel der Flora, welche vor der Eiszeit die ganze gemäßigte Zone in Europa, Nordamerika und Asien bedeckte, während die äußerst viel zahlreicheren endemischen Arten und Gattungen der südlichen Hemisphäre sowie diejenigen der tropischen und subtropischen Gebiete

als an Ort und Stelle entstanden aufgefaßt werden müssen.

Die neue statistische Methode von Willis beruht, wie bereits hervorgehoben, auf einer Vergleichung der geographischen Verbreitung der Arten und Gattungen innerhalb und außerhalb der zu untersuchenden Region. In bezug auf letzteren Punkt werden sie einfach in gewisse Gruppen gebracht, welche als weitverbreitete oder fremde, weniger weitverbreitete oder halbfremde und als eigene oder endemische unterschieden werden. Die Ausdehnung innerhalb des Gebietes wird in einigen Fällen von den lokalen Floren unmittelbar angegeben, in anderen muß sie aus den vorhandenen Angaben berechnet werden. Die Gebiete werden dabei für jede Art als zusammenhängend betrachtet und ihre Größe nach Quadratmeilen bestimmt. Darauf werden sie je nach ihrem Umfange in Klassen untergebracht. Belegt man nun diese Klassen mit Nummern, so wird der Grad der Seltenheit, innerhalb der fraglichen Region, für jede Art durch eine einfache Zahl angegeben. Verbindet man dann die Arten zu Gruppen von je etwa 10 bis 20, um den Einfluß besonderer Anpassungen oder sonstiger spezieller Eigenschaften auszuscheiden, so erhält man für jede Gruppe eine Zahl, welche den mittleren Grad der Verbreitung bzw. der Seltenheit angibt. In dieser Weise berechnet man erstens die mittlere Seltenheit für alle Arten der Region, zweitens die entsprechenden Werte für die fremden, halbfremden und eigenen Typen, und schließlich den Wert für jede beliebige andere Gruppe.

Die Betrachtung einiger Beispiele wird dieses klarmachen. Wir wählen dazu zuerst Ceylon. Diese Insel ist verhältnismäßig klein (25 000 Quadratmeilen) und hat eine Flora von 2809 Angiospermen, von denen 809 endemisch sind. Diese Arten gehören zu 1027 Gattungen, unter denen 23 sonst nirgendwo gefunden werden, und zu 149 Familien mit 6 endemischen. Die nicht endemischen Formen sind teilweise auf Ceylon und die benachbarte Halbinsel von Indien beschränkt, teilweise aber bewohnen sie ein größeres, in manchen Fällen ein sehr großes Gebiet. Nun findet man in der Flora von Ceylon von Trimen und Hooker den Grad der Seltenheit auf der Insel für jede Art in folgender Weise angegeben: 1 = sehr gemein, 2 = gemein, 3 = ziemlich gemein, 4 = ziemlich selten, 5 = selten, 6 = sehr selten. Berechnet man nun hieraus die mittlere Seltenheit für die oben besprochenen Gruppen, so findet man die in nachstehender Tabelle wiedergegebenen Ergebnisse.

Es geht aus dieser Zahlenreihe hervor, daß die fremden Arten in Ceylon im Mittel am weitesten verbreitet sind. Ihnen folgen die halbfremden, und diesen folgen die endemischen. Und wenn man die Mittelzahlen für die endemischen Gattungen betrachtet, so findet man noch

Ceylon	Anzahl der Arten	Mittlere Seltenheit
Alle Angiospermen.	2809	3,5
Fremde Arten	1508	3,0
Halbfremde Arten	492	3,5
Endemische Arten	809	4,3
Arten der 23 endemischen Gattungen	52	4,5
Artenreiche endemische Gattungen:		
Doona	11	4,6
Stemonoporus	15	5,4

höhere Grade von Seltenheit. Offenbar handelt es sich hier um Vorgänge, in denen die speziellen Eigenschaften der einzelnen Arten, d. h. die sogenannten Anpassungen, keine entscheidende Rolle gespielt haben. Dieses geht auch daraus hervor, daß die endemischen Arten, sogar jene von *Doona* und *Stemonoporus*, sich gar nicht durch auffallende, für das lokale Klima besonders geeignete Eigenschaften unterscheiden.

Als zweites Beispiel nehmen wir Neuseeland. Die Flora ist hier vielleicht die reichste an endemischen Formen, denn von den 1300 Angiospermen sind 900, also etwa zwei Drittel, auf diese Inseln beschränkt. Es sind zwei große schmale Inseln, welche sich fast in gerader Linie von Nord nach Süd erstrecken und welche von einer größeren Zahl von kleinen Inseln umgeben sind. Die Länge ist 1080 Meilen, die Breite im Mittel 100 Meilen. Durch querlaufende Linien kann man die Gruppe leicht in Regionen von ungefähr demselben Umfange teilen. Zeichnet man diese Linien in Entfernungen von etwa 20 Meilen und berechnet man die mittlere Seltenheit der Arten für die einzelnen Abteilungen, so erhält man offenbar eine klare Übersicht über die geographische Verbreitung jeder beliebigen Gruppe von Typen.

Tut man dieses, so findet man die endemischen Formen mit kleinem Gebiete in der Mitte der ganzen Gegend angehäuft, also etwa dort, wo die beiden Hauptinseln voneinander durch einen breiten Meeresarm getrennt sind. Nach Norden und nach Süden werden sie allmählich weniger zahlreich, bis sie an den Enden der beiden Inseln nahezu fehlen. Hier findet man nur solche Endemismen, welche das ganze Gebiet der beiden Inseln, oder doch einen großen Teil desselben, bewohnen.

Auf der anderen Seite sind die nichtendemischen Formen zu besprechen. Neuseeland ist so weit vom nächsten Festlande entfernt, daß eine Gruppe von halbfremden Typen nicht in Betracht kommt. Die 400 fremden Arten sind auf den beiden Inseln sehr gemein, wenn man von unbedeutenden Ausnahmen und von den vom Menschen eingeführten Unkräutern absieht. Die meisten von ihnen kommen auf den beiden großen

Inseln vor und müssen demnach dort angelangt sein, bevor diese durch den erwähnten Meeresarm getrennt wurden. Denn dieser ist so breit, daß er dem Transporte von Samen von der einen Insel nach der anderen einen fast ausnahmslos unüberwindlichen Widerstand entgegengesetzt.

Woher sind diese fremden Arten gekommen? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir die Meerestiefe ringsherum in Betracht ziehen. Da zeigt es sich, daß das Meer westlich von den Inseln und etwa in der Mitte von deren ganzer Länge am wenigsten tief ist. Nach den herrschenden geologischen Auffassungen deutet dieses auf eine frühere Verbindung mit einem Festlande an dieser Stelle hin, und wir können diese somit als die Brücke betrachten, auf der die fremden Arten Neuseeland in uralter Zeit erreichten. Die Verbreitung auf den Inseln muß dann von diesem Punkte aus nach Norden und nach Süden stattgefunden haben. Als die sämtlichen jetzt vorkommenden fremden Arten angelangt waren, sank die Brücke und wurde die Verbindung unterbrochen. Es muß dies vor so langer Zeit geschehen sein, daß die fremden Arten nachher bis zu den äußersten Enden der Inseln wandern konnten. Und weil seitdem keine neuen Einfuhren stattfanden, findet man auch fast keine fremden Arten mit beschränktem Gebiete. Tatsächlich sind nur 30 von den 400 fremden Arten auf kleine Regionen beschränkt, indem sie weniger als den sechsten Teil der ganzen Oberfläche bewohnen. Von den endemischen Formen haben aber etwa 300, d. h. also ein Drittel, ein so kleines Gebiet. Im großen und ganzen konnten sich somit die fremden über die ganze Länge der Inseln verbreiten, während solches den endemischen nur ausnahmsweise gelang.

Nehmen wir nun an, daß die endemischen aus den eingeführten Arten hervorgegangen sind und daß diese Umwandlungen von Zeit zu Zeit im Laufe der Wanderungen stattgefunden haben. Die verwandtschaftlichen Beziehungen der beiden Gruppen deuten darauf in genügender Weise hin. Wir gelangen dann zu den folgenden Folgerungen: Die ersten Neubildungen müssen in der Mitte der Inselgruppe aufgetreten sein, und zwar ganz im Anfange. Sie haben die Zeit gefunden, sich mit den fremden Arten über die ganze Oberfläche zu verbreiten. Die späteren werden weniger Zeit gehabt haben und können also nur ein kleineres Gebiet erobern haben, um so kleiner, je jünger sie sind. Auf dem früh bevölkerten mittleren Teile entstanden sie zahlreich; in den erst später bewachsenen Regionen konnten offenbar nur geringere entstehen und an den beiden, nördlichen und südlichen, Spitzen reichte die Zeit für die Entstehung vieler Neuheiten nicht aus.

Dieser Auffassung entsprechen nun die nach der statistischen Methode berechneten Grade der Seltenheit auffallend genau. Dieses gilt nicht nur für die ganze Flora, sondern auch für die einzelnen Familien, soweit sie groß genug sind,

um zuverlässige Mittelzahlen zu geben. In keiner anderen Weise kann diese sehr merkwürdige Verbreitung der einheimischen Arten erklärt werden. Namentlich kann die Lehre von den Anpassungen als Mittel zur Verbreitung solches nicht leisten, da das Klima über die ganze Länge der schmalen Inselgruppe wesentlich dasselbe ist. Nur die Annahme, daß die Arten um so jünger sind, ein je beschränkteres Gebiet sie jetzt bewohnen, ist imstande, ihre Verbreitung in höchst einfacher Weise zu erklären.

Offenbar gilt dasselbe für Ceylon. Auch hier müssen die fremden und halbfremden Arten die ältesten sein; sie haben auf der Insel die weiteste Verbreitung. Die endemischen sind seit der Abtrennung vom Festlande nach und nach entstanden; die ältesten konnten sich noch ein bedeutendes Gebiet erobern, aber für die anderen muß der Wohnsitz um so kleiner geblieben sein, je später sie entstanden sind. In den beiden oben genannten artenreichen endemischen Gattungen muß die Differenzierung erst begonnen haben, nachdem die ganze Gattung sich im südwestlichen Gebirgslande von ihren weiter verbreiteten Verwandten abgetrennt hatte. Hier haben dementsprechend die Arten auch nur ganz kleine Wohnstätten.

Andere Beispiele will ich hier nur ganz kurz nennen. Unter den Orchideen von Jamaika sind die endemischen Arten die seltensten, diejenigen, welche auch auf Cuba gefunden werden, sind etwas häufiger, und die häufigsten sind jene, welche auch außerhalb dieser beiden Inseln vorkommen. Die Inselgruppe von Hawaii umfaßt sieben verhältnismäßig weit voneinander liegende Inseln. Ungefähr die Hälfte der endemischen Blütenpflanzen sind nur auf je einer einzigen Insel beobachtet worden, andere auf zwei oder drei oder auf allen Inseln, während die fremden Arten zum weitaus größten Teile über den ganzen Archipel verbreitet sind. Diese waren offenbar schon da, bevor die einzelnen Inseln sich voneinander lostrennten, aber die endemischen müssen während oder nach dieser Trennung entstanden sein. In zahlreichen anderen Fällen hat die statistische Methode zu dem nämlichen Resultat geführt. Überall, d. h. in jeder scharf umschriebenen Region, sind die ursprünglich eingeführten Arten die am weitesten verbreiteten und die einheimischen die selteneren. Überall gehen die letzteren von ziemlich allgemeinen Typen stufenweise in ganz lokale Formen über. Solches gilt von der ganzen Flora, aber ebensogut von den Familien und größeren Gattungen, soweit ausreichende Mittelzahlen berechnet werden können.

Familien, Gattungen und Arten sind in jedem geographischen Bezirke im Mittel um so allgemeiner, je länger die Zeit ist, welche seit ihrer Einfuhr oder seit ihrem Entstehen verflossen ist. Nur das Alter entscheidet in den großen Zügen über den Umfang des erreichten Gebietes. Die speziellen Eigenschaften der Pflanzen bedin-

gen nur zumeist geringe Abweichungen von der Regel, welche aber bei der Berechnung von Mittelzahlen sich gegenseitig aufheben und somit keinen Einfluß auf das schließliche Ergebnis ausüben.

Ist somit die Wanderung der Arten während der geologischen Zeit in der Hauptsache ein mechanischer Prozeß gewesen, bei welchem die biologischen Eigenschaften der betreffenden Formen nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben, so lassen sich einige weitere Folgerungen aus diesem statistischen Studium ableiten. Diese wollen wir jetzt besprechen.

Neu auftretende Arten haben im allgemeinen sofort sich an dem Kampf ums Dasein zu beteiligen. Sie müssen den lokalen Anforderungen ihres Geburtsortes genügen, sonst werden sie offenbar bald zugrunde gehen. Aber ihre Anpassung haben sie von ihrer Mutterart in der Regel ohne erhebliche Änderung übernommen. Denn die Merkmale, welche sie von dieser trennen, haben zwar vom systematischen Standpunkte betrachtet guten spezifischen Wert, aber vom biologischen Gesichtspunkte haben sie nur ganz untergeordnete Bedeutung. Sie weisen keine Beziehung zum Kampfe um das Leben auf. Das gilt ja bekanntlich ganz allgemein von den spezifischen Merkmalen, wie jede Durchmusterung der Diagnosen einer Flora leicht ergibt.

Man darf somit annehmen, daß wenigstens die meisten neuen Arten gleiche Aussichten auf Erfolg haben wie die Formen, aus und zwischen denen sie entstanden sind. Sie werden ihre Vermehrung und ihre Wanderungen nach den für jene geltenden Gesetzen anfangen und weiterführen. Sie werden gegen ihre Vorfahren nicht auf Leben und Tod kämpfen, sondern sich einfach neben diesen vermehren und im großen und ganzen mit diesen gleichen Schritt halten. Die ältere Ansicht nahm an, daß sie die Mutterarten geradeaus bekämpfen und besiegen mußten, um sich an ihrer Stelle einen genügenden Platz in der betreffenden Pflanzenassoziation zu sichern. Das brauchen sie aber offenbar nicht. Auch ist es nicht gerade wahrscheinlich, daß die neue Form alle einzelnen Standörter der älteren erreichen würde, und das wäre doch wohl für eine völlige Vernichtung die erste Bedingung. Wir folgern also, daß die Bildung neuer Arten gar keine durchgreifende Ursache für das Aussterben der älteren darstellt. Die einen vermehren sich nicht etwa auf Kosten der anderen.

Ist diese Folgerung aber richtig, so muß man das Zugrundegehen von Arten im Kampf ums Dasein im großen und ganzen für eine sehr seltene Erscheinung halten. In der paläontologischen Geschichte sind die Arten nicht aus diesem Grunde, sondern durch Änderungen des Klimas bzw. durch lokale geologische Umwälzungen vertilgt worden. Wo solche nicht oder doch nicht in ausreichendem Umfange stattgefunden haben, darf man annehmen, daß das Aussterben eine sehr

seltene Erscheinung ist. In der Regel werden die mütterlichen Formen neben ihren Kindern erhalten bleiben und im gleichen Schritt mit diesen sich vermehren und ausdehnen.

Für systematische Studien scheint nun diese Folgerung sehr wichtig. Sind die Vorfahren noch erhalten, so braucht man keine hypothetischen Formen als solche anzunehmen. Nahezu die ganze Stammesgeschichte einer gegebenen Familie muß mit Hilfe der jetzt noch lebenden Formen dargestellt werden können.

Diese Betrachtung steht aber in unmittelbarer Beziehung zu einem anderen wichtigen Punkte. Ich meine die Frage nach der Größe der Unterschiede, welche eine neue Art von ihrer Mutter trennen. Die herrschenden Theorien der Erbllichkeit würden hier erwarten lassen, daß die einzelnen elementaren Eigenschaften bei diesem Prozesse getrennt und nacheinander erneuert werden würden. Umfaßt die Diagnose einer neuen Art mehrere solche Faktoren, wie dieses wohl fast immer der Fall ist, so müßte sie dementsprechend sich stufenweise ausgebildet haben. Dann aber müßten die Stufen aus den oben erörterten Gründen, wenigstens sehr häufig, neben der vollendeten Form erhalten bleiben. Solchen Übergängen begegnet man aber fast nirgendwo. Und daraus ergibt sich, daß bei der Neubildung von Arten die Eigenschaften gruppenweise umschlagen. Die ganze neue Diagnose kann der Erfolg eines einmaligen Schrittes in der Entwicklungsgeschichte sein. Die betreffenden Faktoren müssen, wie man sagt, derartig aneinander gekoppelt sein, daß sie nur als ein zusammengesetztes Ganzes umgeändert werden können. Wird nur eine einzelne Eigenschaft verändert, so sprechen die Systematiker ja bekanntlich von der Entstehung von Varietäten, nicht aber von Arten.

Wie verhält es sich nun mit den Gattungen? Werden diese auch in der Regel mit einem Schlage ins Leben gerufen oder muß man hier das Aussterben von Zwischenformen annehmen? Eine Antwort kann uns die Betrachtung der sogenannten monotypischen Gattungen geben. Diese umfassen nur je eine Art. Eine Spaltung in Spezies hat in ihnen noch nicht stattgefunden. Merkwürdigerweise sind sie äußerst zahlreich und bilden etwas über 38 % oder mehr als ein Drittel aller lebenden Gattungen. Dazu kommt, daß ihre Verbreitung in der Regel eine sehr beschränkte ist; ganz gewöhnlich gehören sie zu den endemischen Formen ihrer Flora. Ihnen folgen die ditypen Gattungen, welche je zwei Arten enthalten; sie bilden 13 % der ganzen Reihe und umfassen somit mit den Monotypen zusammen mehr als die Hälfte aller Genera. Gattungen mit drei, vier und mehr Arten sind dann um so weniger zahlreich, je mehr Spezies sie besitzen, bis die ganze Reihe in den artenreichsten Genera, wie *Senecio* mit 1500 und *Astragalus* mit 1600 Arten gipfelt. Offenbar haben die großen Gattungen eine lange Zeit gebraucht, z. B. die ganze Tertiär-

zeit, um sich so stark zu differenzieren; dementsprechend sind sie auf der Erde auch am weitesten verbreitet. Im großen und ganzen darf man annehmen, daß auch die Gattungen um so jünger sind, je weniger Arten sie hervorgebracht haben. Um so kleiner ist in der Regel auch der Umfang des von ihnen bewohnten Gebietes.

Die Gattungen verhalten sich somit wie die Arten, und namentlich gilt dieses von jenen, welche je nur eine einzige Art umfassen. Man findet auch hier keine Zwischenformen oder Übergänge zu den nächst verwandten Typen. Denn wäre dem so, so würden sie wohl stets von den Systematikern als eigene Arten beschrieben worden sein, und einartige Gattungen würden gar nicht vorkommen oder doch höchst selten sein. Die frühere Annahme, daß die Zwischenformen ausgestorben seien, ist auch hier zu ersetzen durch die Vorstellung, daß sie überhaupt nicht existiert haben. Sind aber die Gattungen wie die Arten in der Regel mit einem Schlage in die Erscheinung getreten, so müssen auch größere Faktorenkomplexe als jene der Artdiagnosen gruppenweise umgeändert werden können.

Fassen wir zum Schluß die Ergebnisse der neuen statistischen Methode zusammen, so sehen wir, daß sie nicht unwesentlich von den herrschenden Vorstellungen abweichen. Denn die *Entstehung und die Wanderung der Arten* sind nach ihr im wesentlichen mechanische Vorgänge, an denen sich die biologischen Veränderungen nur in untergeordneter Weise beteiligen. Der Kampf ums Dasein entscheidet zwar über Leben und Tod, aber für Gattungen und Arten fast nur in ihrer allerfrühesten Jugend. Sind einmal die Untauglichen vertilgt worden, so haben die anderen etwa gleiche Aussicht auf Erfolg wie die Formen, aus und zwischen denen sie entstanden. Ein Verdrängen der älteren Typen braucht man dabei nicht anzunehmen; diese bleiben neben ihren Nachkommen in der Regel erhalten. Von den Gliedern einer Familie sind die einen älter, die anderen jünger, aber die *Hypothese von zahlreichen ausgestorbenen Zwischenformen*, welche die Ausbildung und Trennung der jetzt lebenden Arten und Gattungen bedingt haben sollen, ist ganz überflüssig geworden. Der Kampf ums Dasein waltet ohne jeden Zweifel ganz heftig zwischen den Individuen, aber für die Entwicklung des großen Formenreichtums der Natur hat er im großen und ganzen keine Bedeutung.

Über Lumineszenz bei chemischen Reaktionen.

Von H. Zocher und H. Kautsky, Berlin-Dahlem.

Im Zusammenhang mit den vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift erschienenen äußerst interessanten Darlegungen von P. Buchner (1) „Über das

tierische Leuchten“, welches die rein biologische Seite des Problems behandelt, mag es vielleicht wünschenswert erscheinen, hier einige neuere Ergebnisse und Anschauungen über die physikalisch-chemische Seite des Grundphänomens, der Chemilumineszenz, darzulegen. Die Biolumineszenz haben Dubois, Coblenz und vor allem Harvey (2) vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus untersucht und haben sowohl in die Frage der sie bedingenden chemischen Reaktionen Licht gebracht, als auch mit Hilfe sorgfältiger physikalischer Messungen das emittierte Licht analysiert. Es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß ein prinzipieller Unterschied zwischen den Leuchterscheinungen an Organismen und denen der unbelebten Materie besteht, und somit werden die Ergebnisse der Erforschung unorganisierter chemilumineszenter Systeme auch Geltung haben für die Erscheinungen, die wir an Lebewesen vorfinden.

Als Chemilumineszenz bezeichnet man im allgemeinen Leuchterscheinungen, die ihre Energie dem Ablauf chemischer Reaktionen verdanken, ohne daß die Temperatur des reagierenden Systems so hoch wäre, daß die gleiche Strahlung auch ohne chemische Umsetzung emittiert würde. Bei den meisten unter Lichtentwicklung verlaufenden chemischen Reaktionen, wie z. B. beim Verbrennen von Kohle, oder den zu Beleuchtungszwecken im großen Maßstabe verwendeten Verbrennungserscheinungen (Kerzen-, Petroleum-, Azetylen-, Gasglühlicht) treten Temperaturen auf, die das Leuchten als Glühen durchaus verständlich erscheinen lassen. Stärkeres Leuchten, als der betreffenden Temperatur entspricht, also vor allem Leuchterscheinungen unterhalb der Glühtemperaturen, nennt man ganz allgemein Lumineszenz; und man spricht von Photolumineszenz (Fluoreszenz, Phosphoreszenz), Röntgen-, Tribo-, Chemilumineszenz usw., je nachdem die zur Lumineszenz nötige Energie durch Belichtung, Röntgen-, Kathodenstrahlen, mechanisch durch Zerschneiden von Kristallen, durch chemische Vorgänge oder anderweitig geliefert wird.

Die erste Beobachtung einer Chemilumineszenz stammt von Brand bei der Entdeckung des Phosphors, dessen Dämpfe sich an der Luft in einen weißen Rauch verwandeln, der im Dunklen als leuchtende Wolke erscheint. Dieses Phosphorleuchten ist das klassische Beispiel einer Chemilumineszenz.

Erst nach Auffindung weiterer Chemilumineszenzen, und zwar fast ausschließlich solcher, die auf Oxydation beruhen, wie der von Radziszewski (3) gefundenen bei der Oxydation von organischen Stoffen wie Lophin, Amarin und Hydrobenzamid und der Wedekindschen Reaktion (4), der Umsetzung von Phenylmagnesiumbromid mit Chlorpikrin, besonders aber der von Trautz (5) beobachteten sehr schönen roten Lumineszenz beim Versetzen einer alkalischen Mischung von Pyrogallol und Formaldehydlösung mit

Wasserstoffsuperoxyd, kam man dazu, sich theoretische Ansichten über das Wesen der Lichtemission bei der Chemilumineszenz zu bilden.

Nach einigen vergänglichen Theorien waren es vor allem die Ansichten von Trautz, die einen allgemeinen Einfluß ausübten. Der von ihm vertretene Standpunkt ist der, daß bei einer chemilumineszenten Reaktion die freiwerdende Energie z. T. direkt als Licht auftritt, das unmittelbar bei der Vereinigung der reagierenden Moleküle ausgestrahlt wird, die Lumineszenz also einen Teil des Reaktionsvorganges selbst darstellt. Man kann nach dieser Auffassung nur von einer lumineszenten Reaktion und niemals von lumineszenten Stoffen sprechen. Trautz findet im Zusammenhange damit, daß eine Steigerung der Einflüsse, welche die Reaktionsgeschwindigkeit erhöhen, wie Temperatur und Konzentration, die Helligkeit des Leuchtens vermehrt. Die Lichtstrahlung bei der Chemilumineszenz wäre nach den eben dargelegten Anschauungen ein Vorgang, der durchaus verschieden von der Strahlung eines glühenden festen Körpers und eines glühenden Gases ist. Für diese beiden letzteren steht die neuere Atomtheorie auf dem Standpunkt, daß die Strahlung durch den Übergang eines Atoms oder Moleküls aus einem „angeregten“, energiereicheren Zustand in den „unerregten“, beständigeren Zustand stattfindet. Dabei erfolgt die Abgabe der Energie entsprechend der Planckschen Theorie in bestimmten quantenmäßig abgegebenen Beträgen. Sie hätte aber auch keinerlei Ähnlichkeit mit der Fluoreszenz. Perrin hat zwar versucht, die Fluoreszenz durch eine bei der Belichtung auftretende Reaktion zu erklären. Diese Hypothese ist aber in letzter Zeit, nach unseren Untersuchungen (6) und denen von Pringsheim (7) unwahrscheinlich geworden.

Wir dürfen es wohl als einen für uns besonders günstigen Umstand bezeichnen, daß bei einer Arbeit des einen von uns über ungesättigte Siliziumverbindungen (8) ein Stoff gefunden wurde, der neben einer außerordentlich hellen Chemilumineszenz bei der Oxydation auch alle übrigen Lumineszenzerscheinungen in ungewöhnlichem Maße zeigte und sich auch als lichtempfindlich erwies. Vergleichende Untersuchungen ergaben enge Beziehungen der Chemilumineszenz zu den anderen Lumineszenzerscheinungen; sie zeigten, daß diese Strahlungsvorgänge im Grunde ganz wesensverwandt sind.

Das für das Verständnis des Folgenden Nötige über die uns interessierende Substanz sei hier vorausgeschickt. Der Stoff, der die vielseitige Lumineszenzfähigkeit zeigt, das *Silikalhydroxyd*, von der Zusammensetzung $\text{Si}_2\text{O}_2\text{H}_2$ ist ein dunkelroter Stoff, der bezüglich seiner Oxydationsstufe zwischen zwei anderen Stufen steht, einer niedrigeren, dem farblosen Oxydisilin, und einer höheren, dem ebenfalls farblosen Leukon, welches letzteres weiter zu Kieselsäure oxydiert werden kann. Alle diese Körper sind fest und unlöslich.

Bei der Umwandlung dieser Stoffe in einander wird die allen gemeinsame feinlamellige, poröse Blättchenstruktur nicht geändert. Der sich umwandelnde Körper, z. B. das rote Silikalhydroxyd, ist bei der Oxydation mit dem sich bildenden Leukon unlösbar fein verteilt vermengt, was auch an der Farbe verschiedenen oxydierter Silikalhydroxydpräparate deutlich zu sehen ist. Mit abnehmendem Gehalt an Silikalhydroxyd bleicht deren rote Farbe über orange nach gelb, grünlich gelb und schließlich farblos aus. Es ist leicht verständlich, daß dieselbe Farbenskala, nur in umgekehrter Reihenfolge, bei der Bildung von Silikalhydroxyd aus dem farblosen Oxydisilin durchlaufen wird. Solche Präparate, die nicht einheitlich zusammengesetzt und durch Silikalhydroxyd gefärbt sind, nennen wir im folgenden *Silikone*. — Eine Eigenschaft aller diesen genannten Verbindungen und Gemenge verdient noch hervorgehoben zu werden, da sie uns besonders für die Chemilumineszenz von Bedeutung scheint, nämlich die stark entwickelte Fähigkeit der feinporigen Blättchen, Stoffe in gasförmigem wie gelöstem Zustande, z. B. Farbstoffe, zu adsorbieren, d. h. sie an ihrer Oberfläche zu verdichten. Wir haben also feste Stoffe mit stark entwickelten Grenzflächen vor uns, weshalb auch Reaktionen, trotzdem sie eben in einem festen Stoff verlaufen, ohne weiteres diesen durch und durch in kürzester Zeit verändern können.

Die oben erwähnte Chemilumineszenz tritt auf bei der Oxydation des Silikalhydroxyds sowohl mit gasförmigen Oxydationsmitteln, wie Sauerstoff, Ozon, Chlor, Stickstoffdioxid usw., als auch mit flüssigen Oxydationsmitteln, wie saurer Kaliumpermanganatlösung, Salpetersäure, Chromsäure, Wasserstoffsuperoxyd usw. Um ungefähr einen Begriff von der Helligkeit dieser Lumineszenz unter günstigen Bedingungen zu geben, sei gesagt, daß die leuchtende Fläche des reagierenden Gemisches in seiner Helligkeit gleichkommt einer weißen Fläche, die von einer 32kerzigen Metallfadenlampe aus einer Entfernung von 1,5 m beleuchtet wird. Die Farbe des Lumineszenzlichtes ändert sich bei Silikonproben mit steigendem Gehalt an Silikalhydroxyd vom Grün über Gelb und Orange bis Dunkelrot. Bei spektraler Zerlegung des Lumineszenzlichtes sieht man, daß das kurzwellige Ende der außerordentlich breiten Bande, die bei rot lumineszierenden Präparaten sich von rot bis gelbgrün erstreckt, mit abnehmendem Silikalhydroxydgehalt sich immer weiter nach dem kurzwelligen Ende bis blaugrün ausdehnt. Natürlich nimmt die Helligkeit der Lumineszenz bei wachsendem Gehalt an Silikalhydroxyd zunächst zu, erreicht jedoch für die gelb lumineszierenden Präparate ein Maximum, um für die rot leuchtenden wieder wesentlich schwächer zu werden. Nun zeigt auch die Fluoreszenz von Farbstofflösungen mit wachsender Konzentration des Farbstoffes ein Maximum und nimmt bei noch größeren Konzentrationen wieder

ab. Wie man sieht, unterliegt auch die Chemilumineszenz bezüglich des Gehaltes an lumineszierendem Stoff der gleichen Gesetzmäßigkeit wie die Fluoreszenz mit dem Gehalt an fluoreszierendem Stoff.

Der Einfluß der Temperatur auf die Chemilumineszenz des Silikalhydroxyds zeigt sich bei langsam verlaufenden Oxydationen, wie bei der in Luft, in einer Steigerung der Helligkeit entsprechend der zunehmenden Reaktionsgeschwindigkeit. Bei den rasch verlaufenden, mit glänzender Lichterscheinung verbundenen Oxydationen, wie mit saurer Permanganatlösung, ist eine Steigerung der Temperatur von 0 bis 100° mit einer wesentlichen Abnahme der Helligkeit verbunden, während eine Abkühlung auf -80° (bei Verwendung von azetonischer Kaliumpermanganatlösung) noch eine deutliche Steigerung der ausgesandten Lichtmenge hervorruft. Auch die Farbe des Lumineszenzlichtes hängt von der Temperatur ab und ist um so röter, je höher die Temperatur ist.

Da das Silikalhydroxyd bei Gegenwart von Wasser oder Sauerstoff durch Belichten unter Ausbleichen oxydiert wird, hatten wir erwartet, daß auch in diesem Falle Chemilumineszenzlicht ausgesendet würde. Es müßte also bei Bestrahlung mit dem besonders stark absorbierten und chemisch wirksamen kurzwelligen Licht das hauptsächlich aus langwelligen Strahlen bestehende Chemilumineszenzlicht ausgesandt werden. Dieser Vorgang wäre in seiner Erscheinung der gleiche wie die Fluoreszenz und entspräche der oben erwähnten Auffassung *Perrins*. Er wurde tatsächlich beobachtet, und zwar war die Intensität des emittierten langwelligen Lichtes so groß, wie sie aus dem geringen chemischen Umsatz im Vergleich mit dem viel größeren Umsatz der Permanganatoxydation unmöglich zu erwarten war, der Größenordnung nach fast so hell wie die Fluoreszenz von Uranyl nitrat oder Fluoreszeinlösungen. Es lag daher der Verdacht nahe, daß neben der zu erwartenden geringen, durch die Photoreaktion hervorgerufenen Chemilumineszenz auch eine echte Fluoreszenz vorliege, d. h. eine Fluoreszenz, ohne entsprechenden chemischen Umsatz. Um diese nachzuweisen, wurde zur Ausschaltung der chemischen Reaktion das silikalhydroxydhaltige Präparat in einem durch flüssige Luft gekühlten Gefäß kurzwelligen Strahlen ausgesetzt. Das Resultat dieser Versuche war, daß die Lichtstrahlung unter diesen Bedingungen *ungeheuer verstärkt* wurde, trotzdem eine chemische Umsetzung nach zwölfstündiger intensiver Belichtung fast gar nicht stattgefunden hatte. Demnach ist an dem Vorhandensein einer echten Fluoreszenz nicht zu zweifeln.

Bei eingehenderen Untersuchungen zeigte es sich, daß die Fluoreszenz ebenso wie die Chemilumineszenz an die Gegenwart von Silikalhydroxyd gebunden ist, und daß sie den gleichen Temperatur- und Konzentrationseinflüssen unterworfen ist wie diese. Die Farbe der Fluoreszenz

verschiebt sich mit steigendem Gehalt an Silikalhydroxyd von Grün über Gelb und Orange nach Rot. Die gelbleuchtenden Präparate sind auch in diesem Fall die hellsten. Steigende Temperatur verschiebt die Farbe der Fluoreszenz nach Rot und schwächt in zunehmendem Maße die Helligkeit¹⁾. Diese Übereinstimmungen zwischen Chemilumineszenz und Fluoreszenz führten uns zu der Ansicht, daß der Leuchtvorgang bei beiden Erscheinungen der gleiche ist. Diese Aussage bedeutet also, daß bei der Chemilumineszenz das Licht von unverbrauchtem Silikalhydroxyd emittiert wird. Hat im Falle der Fluoreszenz das Silikalhydroxyd seine zur Lichtemission notwendige Energie aus dem bei der Bestrahlung absorbierten kurzwelligen Licht erhalten, so stammt bei der Chemilumineszenz diese Energie von dem reagierenden Silikalhydroxyd und muß von diesem auf unangegriffenes Silikalhydroxyd *übertragen* werden. Diese Art der Betrachtung bietet den Vorteil, daß man auch die Chemilumineszenz entsprechend der modernen Atomtheorie, wie alle übrigen Leuchtvorgänge, also eine Strahlung betrachten kann, hervorgerufen durch den Übergang eines „angeregten“ energiereichen in einen „unerregten“ energieärmeren Zustand.

Man gelangt also zu folgendem Bild. Durch die Oxydation des Silikalhydroxyds entsteht zunächst das Oxydationsprodukt in einem Zustande, in dem es die Reaktionsenergie noch enthält, überträgt diese dann auf ein benachbartes Silikalhydroxydteilchen, welches dadurch in den angeregten Zustand versetzt wird. Beim Übergang dieses benachbarten Silikalhydroxydteilchens aus den angeregten in den Normalzustand wird dann das Licht ausgesandt.

Einen energetisch und kinetisch wesentlich übersichtlicheren Fall haben noch vor uns *Haber* und *Zisch* (9) an einer auch chemisch einfacheren Reaktion untersucht. Sie fanden nämlich, daß bei der Vereinigung von Natriumdampf mit Chlor die für das Natrium charakteristische D-Linie ausgestrahlt wird. Sie deuteten zum erstenmal klar Chemilumineszenzvorgänge so, daß primär durch die Reaktion ein energiereiches Produkt gebildet wird, welches vorhandene emissionsfähige Moleküle oder Atome zur Strahlung veranlassen kann.

Übrigens hat schon *Stuchtey* (10) beim Ozonzerfall als Emissionsspektrum die Banden des unzersetzten Ozons gefunden und gleichfalls daraus geschlossen, daß beim Ozonleuchten das Licht von unzersetzten Molekülen ausgeht.

In allen diesen Fällen handelt es sich um Reaktionen, bei denen einer der Reaktionsteilnehmer durch die Umsetzung eines Teils seiner vorhandenen Menge in einen angeregten, strahlungsfähigen Zustand kommt. Wesentlich für das Zustandekommen einer Chemilumineszenz ist nach unserer Auffassung überhaupt die Anwesen-

¹⁾ Auch ist das Fluoreszenz- und das Chemilumineszenzlicht im gleichen Sinne polarisiert.

heit eines strahlungsfähigen Stoffes, der durch eine chemische Reaktion die zur Anregung nötige Energie erhält. Demnach braucht es nicht eine der *Ausgangssubstanzen* zu sein, welche das Lumineszenzvermögen besitzt, sondern es wäre ebenso gut möglich, daß das Leuchten auf die Strahlungsfähigkeit eines *Reaktionsproduktes*, eventuell eines zwischendurch entstehenden, zurückzuführen ist. Es wäre schließlich auch denkbar, daß durch Übertragen der Reaktionsenergie auf einen an der Reaktion nicht beteiligten, gleichzeitig anwesenden strahlungsfähigen *Fremdstoff* Reaktionsleuchten hervorgerufen wird.

Diese Betrachtungsweise ist als Arbeitshypothese vor allem nach zwei Richtungen von besonderem Wert. Erstens regt sie dazu an, bei den bekannten Lumineszenzreaktionen nach den strahlungsfähigen Stoffen und zweitens bei den bekannten strahlungsfähigen Stoffen nach Lumineszenzreaktionen zu suchen. Unter lumineszenten Körpern sind ganz allgemein solche zu verstehen, die durch irgendeine Art von Anregung zur Strahlung gebracht werden können.

Beim Silikalhydroxyd scheinen fast alle bekannten Arten der Anregung zur Aussendung von Licht führen zu können. Wie bereits oben ausführlicher besprochen wurde, zeigt es bei Anregung durch Belichtung starke Fluoreszenz, bei tiefen Temperaturen auch Phosphoreszenz. Außerdem haben wir an Silikalhydroxydpräparaten beim Bestrahlen mit Kathodenstrahlen sehr helle Kathodolumineszenz bekommen, die ihrer Farbe nach die gleichen Verschiedenheiten zeigte wie die Fluoreszenz. Auch durch Röntgenstrahlen¹⁾, ebenso durch α -Strahlen kann man bei diesen Präparaten Lumineszenz erregen. Die Tribolumineszenz von Silikonpräparaten dürfte zu den hellsten zählen, so daß sich auch die oben erwähnte Abhängigkeit der Farbe von dem Gehalt an Silikalhydroxyd feststellen ließ. Es dürfte vielleicht interessieren, daß bei tiefen Temperaturen (-80 bis -180°) das Zerreiben der Silikonblättchen kaum oder nicht mit sichtbarer Lichtstrahlung verbunden ist. Bei nachträglicher Temperatursteigerung tritt aber sehr deutliche Phosphoreszenz auf. Ebenso wie bei gewöhnlicher sind also auch bei der tiefen Temperatur strahlungsfähige Zentren angeregt worden, die unter diesen Umständen große Beständigkeit besitzen. Beim Erwärmen wird die Beständigkeit herabgesetzt und genau wie bei der gewöhnlichen Thermolumineszenz wird dann das Licht ausgestrahlt.

Wir sehen, daß im Falle der Chemilumineszenz des Silikalhydroxyds der Nachweis leuchtfähiger Zentren leicht und in verschiedenster Weise zu erbringen ist.

Weitere Fälle von Chemilumineszenz, bei

¹⁾ Die Angabe in unserer ersten Arbeit, daß Röntgenstrahlen keine sichtbare Lumineszenz hervorgerufen, beruhte auf der Verwendung zu geringer Intensitäten.

denen einer der *Ausgangsstoffe* strahlungsfähig ist, haben wir, von unseren Vorstellungen ausgehend, bei der Oxydation solcher Farbstoffe gefunden, deren Strahlungsfähigkeit in wäßriger Lösung als Fluoreszenz bekannt ist. Mit alkalischem Wasserstoffsuperoxyd gaben mehrere Farbstoffe, wie Fluoreszin, Eosin, Erika, ein Oxazinfarbstoff u. a. deutliches, wenn auch schwaches Reaktionsleuchten. Daß trotz der großen Fluoreszenzfähigkeit dieser Farbstoffe, die in der Größenordnung die gleiche ist wie beim Silikalhydroxyd, die Chemilumineszenz im Vergleich mit letzterem nur sehr schwach ist, wird verständlich, wenn man bedenkt, daß eine Übertragung der Reaktionsenergie nötig ist, die bei dem festen Silikalhydroxyd infolge der dichten Lagerung der Teilchen begreiflicherweise viel öfter stattfinden wird als bei den durch eine große Anzahl von Lösungsmittelmolekülen getrennten Farbstoffmolekülen. Bei gelösten Stoffen wird also im allgemeinen die Ausnützung der Reaktionsenergie zur Emission sehr schlecht sein.

Die oben erwähnte Möglichkeit, daß der bei einer Reaktion lumineszierende Stoff eines der *Reaktionsprodukte* ist, liegt nach *Haber* und *Zisch* bei der Vereinigung von Quecksilberdampf mit Chlor wahrscheinlich vor. Das Reaktionsleuchten scheint das Bandenspektrum des Sublimats zu sein. Auch das Phosphorleuchten dürfte unserer Ansicht nach durch das bei der Oxydation von Phosphor oder einiger seiner Verbindungen entstehende Phosphorpentoxyd hervorgerufen sein. Phosphorpentoxyd zeigt auch in reinstem Zustande kräftige Fluoreszenz und Phosphoreszenz, die in ihrer Farbe Ähnlichkeit mit der Chemilumineszenz des Phosphors zeigt. Ob bei dieser Art lumineszenter Reaktionen das Reaktionsprodukt direkt im angeregten und strahlungsfähigen Zustande entsteht oder in einem energiereichen, der nur zur Anregung von anderen Phosphorpentoxydteilchen dienen kann, muß noch dahingestellt bleiben. Im ersten Falle hätten wir es mit einer Chemilumineszenz ohne Übertragung zu tun.

Die dritte bereits angedeutete Klasse von Lumineszenzen, bei welcher die Reaktionsenergie auf einen gleichzeitig anwesenden, an der Reaktion nicht beteiligten strahlungsfähigen *Fremdstoff* übertragen wird, welcher so zur Lumineszenz veranlaßt wird, haben wir zu realisieren versucht. Eine solche „Synthese einer Chemilumineszenz“ schien uns von besonderer Bedeutung, weil diese die beste Stütze unserer Auffassung sein würde. Es war nun von vornherein zu erwarten, daß eine solche Synthese nicht leicht auszuführen sein würde, da zweifelsohne eine größere Anzahl von sich gegenseitig beschränkenden Bedingungen erfüllt sein müssen.

Zunächst dürfte bezüglich der Wahl der Anregungsreaktion eine Regel zu beachten sein, die analog der für die Fluoreszenz gültigen Stokes-

sehen Regel ist. Die pro Molekül entstehende Reaktionsenergie muß größer sein als die nach der oben erwähnten Planckschen Theorie für die Ausstrahlung eines Lichtquants erforderliche Energie. Es muß sich also um eine Reaktion von bedeutender Wärmetönung handeln, wie sie wohl hauptsächlich bei Oxydations-Reduktionsprozessen zu finden ist. Natürlich muß die Reaktion so geleitet werden, daß die Temperatur nicht zu hoch wird.

Als strahlungsfähigen Stoff wird man am besten einen solchen auswählen, von dem man weiß, daß er leicht zu kräftiger Strahlung im sichtbaren Gebiet anzuregen ist, also z. B. einen stark fluoreszierenden. Fernerhin muß er in Gegenwart der reagierenden Stoffe in lumineszenzfähiger Form einigermaßen beständig sein.

Vorausgesetzt, daß bei den ausgewählten Stoffen eine Übertragung überhaupt möglich ist, wird der Effekt von der Häufigkeit dieses Übertragungsvorganges abhängen. Um diese möglichst groß zu machen, wird es gut sein, wenn der reagierende und der anzuregende Stoff sich in möglichster Nachbarschaft befinden. Am günstigsten dürften die Bedingungen sein, wenn die beiden bereits chemisch miteinander verknüpft sind, ohne daß sie ihren individuellen Charakter verloren haben, wie z. B. bei Salzen fluoreszenzfähiger Farbbasen mit stark reduzierenden Säuren. Versuche in dieser Richtung liegen noch nicht vor. Eine Art innigster Vereinigung bzw. starker Konzentrationserhöhung finden wir bei der Adsorption an Grenzflächen (siehe S. 195, rechts). Möglicherweise spielt dieser Umstand bei sehr vielen Chemilumineszenzen eine große Rolle, denn es ist auffällig, daß die meisten lumineszenten Reaktionen bei Gegenwart von Grenzflächen — in heterogenen (mehrphasigen) Systemen — ablaufen. Schließlich muß das Ganze so beschaffen sein, daß es kein zu starkes Absorptionsvermögen für die bei der Reaktion ausgesendete Strahlung besitzt.

Da wir in den ungesättigten Siliciumverbindungen wenig lichtabsorbierende Systeme von sehr großer Oberflächenentwicklung und starken Adsorptionsvermögen für Gase und gelöste Stoffe kennengelernt haben, welche gleichzeitig Reaktionen mit großer Wärmetönung eingehen, lag es nahe, mit diesen eine Synthese einer Chemilumineszenz zu versuchen. Am geeignetsten hierzu schien zunächst die niedrigste Oxydationsstufe dieser Reihe, das farblose Oxydisilin. Dieses besitzt keine wesentliche eigene Fluoreszenz. Die geringe, die beim Bestrahlen mit kurzwelligem Licht auftritt, ist sicher der Anwesenheit geringer Spuren von Silikalhydroxyd zuzuschreiben, ebenso wie das ganz geringe Reaktionsleuchten bei der Oxydation mit Permanganat. Außerdem kämen auch die höheren, ebenfalls farblosen Oxydationsstufen, z. B. das eingangs erwähnte Leukon, in Betracht.

Als strahlungsfähige Stoffe haben wir eine

große Anzahl fluoreszierender organischer Farbstoffe herangezogen, deren Zahl aber wesentlich beschränkt wurde durch die Bedingung, daß sie von den hauptsächlich basischen Farbstoffe adsorbierenden Siliciumverbindungen aufgenommen werden müssen. Außerdem dürfen sie in der stark sauren Lösung ihr Fluoreszenzvermögen nicht verlieren und von den anzuwendenden Oxydationsmitteln nicht zu rasch zerstört werden. Als sehr gut geeignet erwiesen sich die Rhodaminfarbstoffe, insbesondere das gelbrot fluoreszierende Rhodamin B, das gelb fluoreszierende Rhodamin 6 G und das gelbgrün fluoreszierende Echtsäureeosin und als Farbstoff ganz anderer Konstitution das als Sensibilisator für photographische Platten bekannte orangerot fluoreszierende Isochinolinrot.

Die Versuche wurden in folgender Art ange stellt. Möglichst reines Oxydisilin, von dem wir uns überzeugt hatten, daß es bei der Oxydation mit Kaliumpermanganat in salzsaurer Lösung nur eine äußerst schwache grünliche Lumineszenz hatte, wurde mit einer Lösung von Rhodamin B versetzt und die durch Adsorption rotgefärbten Oxydisilinblättchen mit saurem Permanganat oxydiert. Dabei zeigte es eine sehr starke rote Lumineszenz. Das gleiche ist zu beobachten, wenn man den Farbstoff erst nachträglich, während der Oxydation des Oxydisilins mit Kaliumpermanganat, zusetzt. Verwendet man an Stelle des Rhodamins B Isochinolinrot, so ist der Verlauf der Versuche sehr ähnlich. Bei diesen rotgefärbten Stoffen war es schließlich noch denkbar, daß die Farbe des emittierten Lichtes durch nachträgliche Lichtabsorption verursacht sei. Dann müßte man zur Erklärung des Auftretens der hellen Lumineszenz überhaupt die Bildung von Silikalhydroxyd unter dem Einfluß des Farbstoffzusatzes annehmen. Das rote, gelbfluoreszierende Rhodamin 6 G und das ebenfalls rotgefärbte, aber gelbgrün fluoreszierende Echtsäureeosin geben beim Zusatz zu reagierendem Oxydisilin eine auch wieder der Fluoreszenz entsprechende gelbe bzw. gelbgrüne helle Chemilumineszenz. Damit ist der oben angedeuteten Erklärungsmöglichkeit der Boden entzogen. Ebensogut wie Oxydisilin kann man für diese Untersuchung Silikon benutzen, welches durch Kaliumpermanganat soweit oxydiert ist, daß die Chemilumineszenz dieses Präparates völlig verschwunden oder auf einen ganz minimalen Betrag herabgesunken ist. Mit Rhodamin B, Rhodamin 6 G und Echtsäureeosin verlaufen die Versuche ähnlich wie mit Oxydisilin. Setzt man hingegen zu einem solchen nicht mehr leuchtenden Reaktionsgemenge von Silikon und saurem Permanganat eine wäßrige Lösung von Isochinolinrot zu, so sieht man eine intensive grüne Chemilumineszenz. In Anbetracht der gelbroten Fluoreszenz des Isochinolinrotes muß ein derartiges Resultat von dem oben dargelegten Standpunkt aus höchst befremdlich erscheinen. Eine

Erklärung dieses Verhaltens ergibt sich aber aus der Beobachtung, daß Isochinolinrot durch Salzsäure und Permanganat zu einer gelbgefärbten, grünfluoreszierenden Substanz oxydiert wird. Die Gegenwart des stark reduzierenden Oxydisilins verhindert diese Umwandlung, so daß man bei Verwendung von Oxydisilin die oben erwähnte rote Lumineszenz erhält. Beim ausgeleuchteten Silikon dagegen geht die Oxydation des Isochinolinrots so rasch vor sich, daß man nur die Lumineszenz des grün fluoreszierenden Oxydationsproduktes erhält. Die nicht mehr reaktionsfähige Kieselsäure, welche die von uns verwendeten Farbstoffe auch sehr stark adsorbiert, gibt beim Versetzen mit diesen und saurem Permanganat nicht das geringste Leuchten mehr, während die Fluoreszenz der angefärbten Kieselsäure sehr stark ist. Ganz ähnlich verlaufen die Versuche, wenn man die trockenen angefärbten Siliziumverbindungen mit ozonhaltigem Sauerstoff oxydiert. Besonders eindeutig sind die Anregungen der genannten Farbstoffe zum Leuchten durch die Umsetzung von Silicooxalsäure mit saurer Permanganatlösung, da die Silicooxalsäure leicht in nicht fluoreszierendem und nicht chemilumineszierendem Zustande zu erhalten ist.

Selbstverständlich sollen diesen rein qualitativen Versuchen noch quantitative Grundlagen durch Spektralmessungen gegeben werden. Auch mit anderen Reaktionsgemischen haben wir analoge Versuche bereits ausgeführt und Resultate erhalten, die weitere Erfolge erhoffen lassen, aber noch nicht zum Abschluß gebracht worden sind. Wir werden demnächst an anderer Stelle darüber berichten.

Im Rahmen einer gemeinverständlichen Darstellung ist es schwer auszuführen, inwiefern der hier kurz berührte Mechanismus von Anregung und Übertragung eine große Reihe von bekannten Vorgängen in Zusammenhang bringt und neue erwarten läßt. Als Beispiele seien erwähnt, außer Fluoreszenz und Chemilumineszenz, photochemische Prozesse, speziell auch Sensibilisierung, ferner gekoppelte Reaktionen, Reaktionselektronen und Kathodoreaktionen, Glühelktrodenemissionen u. a.

Literatur.

1. Diese Zeitschrift 10, S. 1, 1922.
2. The nature of animal light Philadelphia und London (1919); daselbst ausführliche Literaturangaben.
3. Liebigs Annalen 203, S. 305 (1880).
4. Physikalische Zeitschrift 7, S. 808 (1906).
5. Zeitschrift für physikalische Chemie 53, S. 99 (1905); Jahrbuch für Radioaktivität und Elektrizität 4, S. 136 (1907).
6. Kautsky und Zocher, Zeitschrift für Physik 9, S. 267 (1922).
7. Zeitschrift für Physik 10, S. 176 (1922).
8. Kautsky, Zeitschrift für anorg. Chemie 117, S. 209 (1921).
9. Zeitschrift für Physik 9, S. 302 (1922).
10. Zeitschrift für wiss. Photographie 19, S. 161 (1920); Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut f. physik. Chemie.

Ältere und neue Anschauungen über die Strömungen der Nordsee.

Von Georg Wüst, Berlin.

Die Erforschung der Meeresströmungen bietet in den mit dem Ozean in freier Verbindung stehenden Randmeeren besondere Schwierigkeiten, da in ihnen die echten Meeresströmungen überdeckt sind von einer nach Art und Entstehung von diesen grundverschiedenen Strömungserscheinung, den periodisch wechselnden Gezeitenströmungen. Verläßt man jene im allgemeinen an einem Punkte in einer bestimmten Richtung und Stärke, so ändern sich die Gezeitenströmungen in beiden ständig und bewirken, daß ein Wasserteilchen innerhalb einer Gezeitenperiode von 12^h 25^m eine mehr oder minder gestreckte Ellipse durchlaufen hat. Nach Ablauf dieser Zeit ist also das Wasserteilchen durch die Gezeitenströmung an den Ausgangspunkt zurückgebracht, nicht ganz zwar, und diese Abweichung repräsentiert den Reststrom, die echte Meeresströmung, die an Stärke nur einen Bruchteil, im Durchschnitt etwa ein Zehntel der Gezeitenströmung, ausmacht. Treten im offenen Ozean die Gezeitenströmungen völlig hinter den echten Meeresströmungen zurück, so liegt also der Fall in engen Meeresteilen wie der Nordsee gerade umgekehrt. Angesichts des verwickelten Gezeitenverlaufes erweist es sich in diesen als unmöglich, aus gelegentlichen Strombeobachtungen und Schiffsversetzungen, wie sie für den freien Ozean genügen, das wahre Strömungsbild der Nordsee abzuleiten. Systematische, sich über viele Gezeitenperioden erstreckende Strombeobachtungen sind vielmehr dazu erforderlich.

So erklärt es sich, daß man verhältnismäßig spät, erst 1897 durch *Fulton*, zu einer begründeten Vorstellung über die Oberflächenströmungen der Nordsee gelangte. Auf Grund der von der schottischen Fischereibehörde zahlreiche ausgesetzten Flaschenposten kam *Fulton* zu der Anschauung, daß ein einziger großer linksdrehender Wirbel die Nordsee erfüllt. Durch die Färöer-Shetland-Rinne tritt atlantisches Wasser in die Nordsee und wird an der schottisch-englischen Küste entlang nach Süden, dann untermischt mit Kanalwasser längs der holländisch-deutschen Küste nach Osten geführt, um schließlich, immer rechts ans Land gelehnt, und ständig durch Flußwasser versüßt, nach Norden zum Skagerrak und Nordmeer abzufließen (s. Fig. 1).

Im Prinzip ist diese Anschauung eines einzigen linksdrehenden Stromwirbels vielfach bis heute beibehalten worden, obwohl die Karte *Fultons* große Gebiete stromleer läßt und auch angesichts des reichgegliederten Umrisses und Bodenreliefs der Nordsee einen durchaus schematischen Eindruck erwecken mußte. Die Methode, aus bekannten Anfangs- und Endpunkten der Bahnen von Flaschenposten ein Strömungsbild zu konstruieren, konnte auch nur zu schem-

tischen Strömungslinien führen. Denn die Bahnen selbst sind unbekannt, ihre Konstruktion setzt eigentlich die Annahme eines zyklonischen Wirbels, d. h. in gewissem Ausmaße das abzuleitende Ergebnis voraus.

Daß das Strömungsbild der Nordsee wesentlich verwickelter ist, lehrte auch, wenigstens für ihren südlichen Teil, die Arbeit von *Wendicke*, die sich auf die Strommessungen des Berliner Instituts für Meereskunde auf den Feuerschiffen der Deutschen Bucht stützt. Die Analyse der sich über viele Tage in verschiedenen Jahres-

Nordsee“, die wie die Arbeit *Wendickes* aus der Schule von *Alfred Merz* hervorgegangen ist.

In der Erkenntnis, daß die Frage der Überfischung der nordeuropäischen Meere nur durch eine gründliche Erforschung der hydrographischen und biologischen Verhältnisse geklärt werden könne, hatten sich 1901 ihre Randstaaten zu der großen Organisation der Internationalen Meeresforschung zusammengeschlossen und bis zum Kriege in ununterbrochener zwölfjähriger Tätigkeit ein umfassendes vergleichbares Beobachtungsmaterial geschaffen. Viermal im Jahre, im

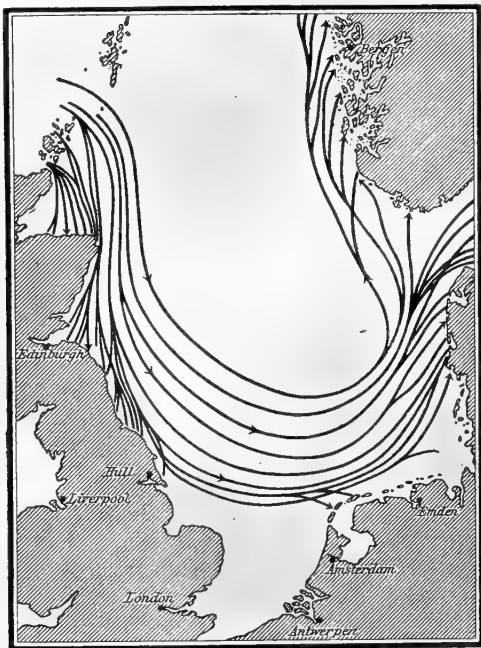


Fig. 1. Die Strömungen der Nordsee.
Nach *Fulton* (1897).
(Aus Sammlung Meereskunde.)



Fig. 2. Resultierende Strömungen der Nordsee.
Nach *Wendicke* (1913).
(Aus Veröff. Inst. f. Meereskunde, Heft 3.)

zeiten erstreckenden Dauerbeobachtungen ergab, daß die Deutsche Bucht meist von einem kleinen rechtsdrehenden Wirbel erfüllt ist; aus holländischen Strombeobachtungen leitete *Wendicke* einen zweiten für die Südwestecke der Nordsee, die sogenannten Hoofden ab. Damit aber verschiebt sich der Hauptwirbel nach Norden und erfüllt nach *Wendicke* nur die nördliche Hälfte der Nordsee (s. Fig. 2).

Vielstündige Dauerstrombeobachtungen von verankerten Schiffen, in allen Jahreszeiten wiederholt, wären naturgemäß die geeignetste Grundlage für die Konstruktion eines Strömungsbildes. Von diesem Ziele sind wir noch weit entfernt. Jedoch bietet das umfangreiche, durch die internationale Meeresforschung aufgesammelte hydrographische Material die Möglichkeit, auf indirektem Wege aus den örtlichen und zeitlichen Unterschieden der Salzgehaltverteilung das Strömungssystem der Nordsee zu entschlern. Diesen Weg geht eine neuere Untersuchung von *G. Böhnecke*, betitelt „Salzgehalt und Strömungen der

Februar, Mai, August und November, wurden die nordeuropäischen Gewässer, insbesondere die Nordsee, gleichzeitig auf jedesmal denselben Linien und Stationen nach einheitlichen Methoden untersucht. Doch die großen Hoffnungen, die man anfangs hinsichtlich der Auffindung verhältnismäßig einfacher Beziehungen zwischen Fischereiertrag und den hydrographischen Faktoren hegte, sollten sich nicht erfüllen. Je stärker das Beobachtungsmaterial answoll, um so weiter entfernte man sich scheinbar von der Lösung dieses Problems. Sowohl die hydrographischen als die biologischen und fischereilichen Untersuchungen zeigten eine verwirrende Kompliziertheit der Erscheinungen, die mit einfachen Gesetzen nicht zu deuten war. Wahrscheinlich bedarf es noch langjähriger Forschungsarbeit, um die zweifellos vorhandenen, jedoch außerordentlich verwickelten Beziehungen zwischen Fischereiertrag und Hydrographie aufzufinden.

So erklärt es sich, daß trotz zwölfjähriger internationaler Arbeit bisher keine befriedigende

einheitliche Bearbeitung des großen Beobachtungsmaterials vorlag. Dieser schwierigen Aufgabe hat sich in bezug auf den Salzgehalt und die Oberflächenströmungen *Böhnecke* unterzogen, und es kann vorausgeschickt werden, daß die erzielten Ergebnisse uns ein großes Stück in der Erkenntnis der verwinkelten hydrographischen Verhältnisse der Nordsee vorwärts gebracht haben. Im folgenden sollen nur die Strömungen behandelt werden, die von allgemeinerem Interesse, so z. B. für die Biologie und praktische Fischerei, sind, indem sie den Transport des Planktons und der Fischeier besorgen. Auf Grund des in den „Bulletins hydrographiques“ veröffentlichten Materials konstruierte *Böhnecke*

der Scharung und in den Auslappungen und Ausbiegungen der Isohalinen ausdrückt, den Verlauf der Strömungen erkennen. Trotz erheblicher Unterschiede im einzelnen weisen doch die synoptischen Einzelkarten eine Reihe charakteristischer Züge auf, die gestatten, mittlere Strömungsbilder für die Monate Februar und August zu entwerfen (s. Fig. 3 u. 4).

Das Neue in diesen Karten ist folgendes: Das Strömungsbild der Nordsee ist wesentlich verwickelter, als man bisher annahm. Nicht ein einziger großer linksdrehender Wirbel beherrscht die Nordsee, sondern sie wird erfüllt von einer ganzen Reihe kleinerer Wirbel¹⁾, nicht weniger als acht im Februar, neun im August. Das auf

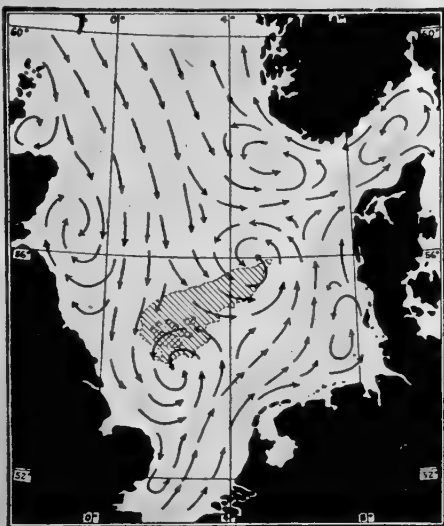


Fig. 3. Februar.

Mittlere Oberflächenströmungen der Nordsee. Nach *Böhnecke* (1922).

[Das schraffierte Gebiet bezeichnet die Doggerbank.]

(Aus Zeitschr. f. Ges. f. Erdkunde Berlin 1922.)

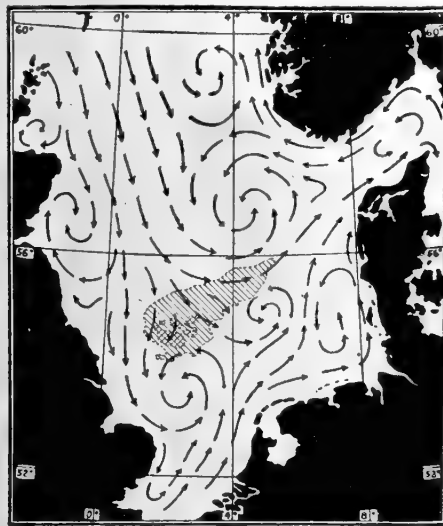


Fig. 4. August.

für alle Terminmonate des Zeitraumes 1902 bis 1914 synoptische Karten der Salzgehaltverteilung an der Oberfläche. Die großen Züge sind folgende: „Atlantisches“ Wasser, über 35 ‰ Salzgehalt, tritt von Norden, in geringem Ausmaße auch durch den Kanal, in die Nordsee ein, die Küstengebiete werden unter dem Einfluß der Süßwasserzufuhr umsäumt vom „Küstenwasser“, unter 34 ‰, das im Skagerrak und vor Südnorwegen infolge des aussüßenden Einflusses der Ostsee als „baltisches“ Wasser anzusprechen ist, die großen zentralen Flächen sind endlich erfüllt vom „Nordseewasser“, zwischen 34 und 35 ‰ Salzgehalt, gebildet durch Mischung der anderen Wasserarten. Ihr Anteil verschiebt sich von Monat zu Monat, zeigt aber auch von Jahr zu Jahr nicht unerhebliche Unterschiede. Nicht klimatische Einwirkungen sind es, sondern Meeresströmungen, die diese Verteilung des Salzgehaltes und seine Änderungen verursachen. Klar lassen die scharfen Grenzen der Wasserarten und ihr wirbelartiges Ineinandergreifen, das sich in

den ersten Blick verwirrende neue Bild wird verständlich, wenn man die Ursachen der Wasserbewegung und die Einflüsse von Umriß und Bodenrelief betrachtet. Die Impulse der Bewegungen gehen von den drei Öffnungen der Nordsee und der Süßwasserzufuhr vom Lande aus. Vom Norden dringt der Hauptstrom, der atlantische Strom, vor. Er löst sich in der Mitte der Nordsee über der Doggerbank, die an ihrer flachsten Stelle bis auf 15 m unter die Oberfläche aufragt, in einzelne Äste auf, im Februar drei, im August zwei. Doch keiner dieser Äste erreicht die Süd- oder Ostküste der Nordsee. Im Süden stoßen der westliche und mittlere Ast auf den Kanalstrom, der in diagonalen Richtung die Nordsee geschlossen vom Kanal bis zum Skagerrak durchquert. Mit ihm bilden sie den

¹⁾ Die Bezeichnung „Wirbel“ bezieht sich lediglich auf die Form der Strömungslinien. Die Geschwindigkeiten sind sehr gering, im Mittel etwa 7 cm/sec, d. h. ein Wasserteilchen würde in rund 100 Tagen von den Färern bis zur Doggerbank gelangen.

südwestlichen und nordöstlichen Doggerbankwirbel. Dem Ostaste läuft der norwegische Küstenstrom oder baltische Strom entgegen, was Anlaß gibt zur Bildung des Lindesnaeswirbels. Diese drei großen linksdrehenden Wirbel gehören zu dem Typus der freien Wirbel, hervorgerufen durch das Zusammentreffen verschiedener Strömungen im freien küstenfernen Wasser und in ihrer Entstehung begünstigt durch die Doggerbank, und sind als solche entsprechend den Änderungen der Intensität der einzelnen Strömungen, wie schon die beiden Mittelkarten erkennen lassen, nicht unerheblichen Lageänderungen unterworfen.

Diesen veränderlichen freien Wirbeln stehen die festen Wirbel gegenüber, deren Lage durch die Küstenkonfiguration bedingt ist: die beiden rechtsdrehenden schottischen Buchtwirbel und der linksdrehende Wirbel der Deutschen Bucht. Die vorherrschenden Nord- bis Nordwestwinde rufen unter dem Einfluß der Erdrotation an der holländisch-deutschen Küste eine östliche, an der dänischen Küste eine nördliche Strömung hervor, welche letztere durch die reichen Wassermengen der Elbe wesentlich verstärkt wird. Beide Strömungen schließen sich zu dem linksdrehenden Wirbel der Deutschen Bucht zusammen in den Fällen, wo nicht ablandige Winde seine Entfaltung hemmen.

Im Februar erreicht der atlantische Strom seine größte Mächtigkeit; mit dem Nachlassen dieses Impulses im August gewinnt der baltische Strom an Ausdehnung.

Auch die Karten Böhneckes weisen gewisse schematische Züge auf, die besonders an der mehr oder weniger geometrischen Form der Wirbel erkennbar sind. Dies liegt einmal an der Methode, zum andern aber daran, daß in einem so seichten Meere wie die Nordsee, das in hohem Maße in seinen jeweiligen Strömungen den ständig wechselnden Witterungseinflüssen unterliegt, nur durch weitgehende Schematisierung mittlere Strömungsbilder für Sommer und Winter erhalten werden können. Vollständig dürfte dieser mittlere Zustand wahrscheinlich nie erfüllt sein. Immerhin ist es bemerkenswert, daß die zwar noch wenig zahlreichen beobachteten Restströme gut mit Böhneckes Konstruktion übereinstimmen. Das Ziel der weiteren Erforschung muß sein, aus gleichzeitigen über die ganze Nordsee verteilten vielstündigen Strommessungen synoptische Bilder der Restströme zu erhalten. Auf diese Weise würde man auch Aufschluß finden über ihre Stärke, über die Näheres aus Böhneckes Methode nicht abgeleitet werden kann. Es ist nicht zu bezweifeln, daß die in dieser Richtung fortgeführte Erforschung der Nordsee eine noch größere Kompliziertheit des Strömungssystems ergeben wird.

Literatur.

Fulton, W., The surface-currents of the North-Sea. Scott. Geogr. Mag. Bd. XIII, 1897.

Wendicke, F., Hydrographisch-biologische Untersuchungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nordsee 1910/11. Die hydrographischen Ergebnisse. Veröffentlich. d. Inst. f. Meereskunde Berlin, N. F. Heft 3. Berlin, Mittler u. S., 1913.

Böhnecke, G., Salzgehalt und Strömungen der Nordsee. Ebenda Heft 10. Berlin, Mittler u. S., 1922.

Höhe und Lage des Nordlichtes am 22. März 1920.

Nach photogrammetrischen Messungen im südlichen Norwegen.

In den letzten 11 Jahren habe ich systematische photogrammetrische Messungen von Nordlichtern im südlichen Norwegen unternommen nach dem Verfahren, das ich auf meinen Nordlichtexpeditionen nach Bossehop in den Jahren 1910 und 1913 eingeführt und verbessert habe¹⁾.

Eine ganze Reihe von telephonisch verbundenen Stationen haben hierunter zusammengearbeitet, und ein sehr großes Material von mehreren tausend Nordlichtphotographien ist gesammelt; von diesen haben wir mehrere hundert Photographie zur Bestimmung der Höhe und Lage des Nordlichts im Raume. Die Bearbeitung des Materials schreitet jetzt schnell vorwärts, aber nur einzelne besonders merkwürdige Ergebnisse sind bis jetzt veröffentlicht worden²⁾. Unter den während der letzten Sonnenfleckenperiode beobachteten Nordlichtern ist das Nordlicht am 22. März 1920 besonders bemerkenswert durch seine große Ausdehnung und Farbenpracht. Es war auch von großen Sonnenflecken und besonders heftigen magnetischen Stürmen begleitet.

Die Bearbeitung der Photographie dieses Nordlichtes ist jetzt abgeschlossen, und ich gebe hier einen kurzen Auszug der erhaltenen Resultate.

Das Nordlicht wurde die ganze Nacht von sieben Nordlichtstationen beobachtet und photographiert. Mehr als 600 Aufnahmen wurden genommen, und zwar mehrere hundert gleichzeitig von zwei oder drei telephonisch verbundenen Stationen. Die gebrauchten Basislinien waren ziemlich groß, zwischen 26 und 89 km, was eine große Genauigkeit der Höhenmessungen garantiert. Ein charakteristischer Zug dieses Nordlichts war die große Länge der Nordlichtstrahlen und die ganz erstaunliche Höhe ihrer oberen Spitzen.

Die unsicheren visuellen Bestimmungen der höheren Nordlichtstrahlen in den siebziger Jahren³⁾ des vorigen Jahrhunderts wurden bei dieser Gelegenheit photographisch verifiziert.

Von den Photographen dieser hohen Strahlen sind die folgenden besonders bemerkenswert. Die Zeit ist mitteleuropäische Zeit.

Die angegebenen Höhen sind die Höhen von ausgewählten korrespondierenden Punkten.

1) Siehe: Bericht über eine Expedition nach Bossehop usw., Videnskabselskabets skrifter 1911, Christiania, und: Rapport sur une expédition d'aurores boréales à Bossehop et Store Korsnes pendant le printemps de l'année 1913, Geofysiske Publikationer Band I, Nr. 5, Christiania 1921.

2) Siehe: Situation dans l'espace de quelques Aurores boréales etc., „l'Astronomie“ Paris 1920. L'aurore boréale du 22—23 mars 1920, Astronomische Nachrichten, Juni 1920; und besonders zwei Abhandlungen in Geofysiske Publikationer Band II, Nr. 2 und 8, Christiania.

3) Siehe z. B. J. H. L. Flögel, Über die Höhe des Nordlichts und dessen Lage im Raume, Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, November und Dezember 1871.

9^h 21^m abends. Photogramm mit Basis Bygdö—Oscarsborg, Länge 26 km. Gipfel zweier Strahlen höher als 620 km und 650 km respektive. Lage über der Nordsee 100 km von Bergen entfernt.

9^h 24^m. Photogramm mit Basis Christiania—Kongsberg, Länge 66 km. Gipfel zweier Strahlen höher als 597 und 550 km. Lage über Aalesund.

9^h 32^m, 5. Photogramm mit Basis Christiania—Kongsberg. Gipfel einer der Strahlen höher als 750 km. Gipfel der anderen höher als 540 km. Lage über Luleå bei der Botnischen Bucht.

9^h 33^m. Photogramm Bygdö—Oscarsborg. Eine Menge Strahlen über ein Gebiet von den Shetlandsinseln bis zum 12° West von Greenwich. Die Gipfel der höchsten Strahlen übersteigen 550 km, 600 km, 650 km und 470 km respektive. Basis einer der Strahlen bei 460 km.

9^h 34^m. Photogramm Bygdö—Oscarsborg. Dieselben Strahlen. Höhen der Spitzen > 472, 400, 450, 550 und 370 km.

9^h 36^m. Photogramm Christiania—Kongsberg. Strahlen über Aalesund. Gipfel übersteigen 607, 562 und 514 km.

9^h 45^m. Photogramm Christiania—Kongsberg. Strahl über Stavanger. Gipfel über 600 km.

10^h 7^m. Photogramm von drei gleichzeitigen Aufnahmen von den Stationen Bygdö, Oscarsborg, Horten. Oscarsborg und Horten befinden sich südlich von Bygdö in Entfernungen von ungefähr 26 km und 56 km. Nordlichtstrahlen über ein Gebiet westlich von Schottland und nördlich von Irland. Gipfel der Strahlen übersteigen 600 km. Fußpunkte derselben höher als 400 km.

10^h 8^m, 5. Dieselben Strahlen von denselben Stationen photographiert. Fußpunkte immer oberhalb 400 km.

In den folgenden Stunden wurden eine große Menge Photogramme genommen, aber die Gipfel der Strahlen erreichen nicht mehr so ungeheure Höhen. Sehr oft aber wurde 400 km Höhe überschritten und einige Male sogar 500 km. Die Höhe der Basis der Strahlen wurde in etwa 70 Fällen genau konstatiert. Von dieser sind etwa 19 % zwischen 100 und 120 km, 37 % zwischen 120 und 140 km, 15 % zwischen 140 und 160 km und 15 % zwischen 160 und 180 km, keine Höhe unter 100 km, 9 % zwischen 180 und 300 km und einzelne höher als 300 km.

Die benutzten Platten waren Lumière, étiquette violette; was den Lichteindruck auf den Platten anbelangt, zeigten die Strahlen, deren Fußpunkte über 120 km lagen, eine ziemlich gleichmäßige Schwärzung, die allmählich nach oben abnahm. Wenn aber der Fußpunkt unterhalb 120 km lag, zeigte der untere Teil des Strahles unterhalb dieser Grenze im allgemeinen eine weit kräftigere Schwärzung als der obere Teil.

Dieses ist im guten Einklang mit der Hypothese, daß die relative Zusammensetzung der Atmosphäre eine schnelle Veränderung in dem Intervalle 100 bis 120 km zeigen darf, von einer Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre bis zu einer Helium-Wasserstoff-Atmosphäre in größeren Höhen⁴⁾. Spektroskopische Beobachtungen in Verbindung mit gleichzeitigen Photogrammen werden hier von entscheidender Bedeutung sein.

Unter den übrigen Photogrammen erwähnen wir besonders eine Aufnahme einer kurzen Nordlichtdraperie, die über Bergen und Sognefjord gelegen war, von

3^h 20^m bis 3^h 40^m morgens am 23. März. Der untere Rand dieser Draperie lag nur 82 bis 85 km hoch, eine Bestimmung, die sehr genau ist, wegen der großen Basis Bygdö—Kongsberg von 64 km. Die vertikale Ausdehnung der Draperie war etwa 16 km. Diese untere Grenze ist niedriger als die untere Grenze von 87 km, die ich auf meiner Bossehopexpedition in 1913 beobachtete.

Die ganze Nacht hindurch wurden Nordlichtkronen beobachtet und photographiert, welche eine gute Bestimmung des Radiationspunktes ergaben. 40 gute Aufnahmen zeigten, daß die Lage dieses Punktes schnellen Veränderungen unterlag.

Die Höhe über dem Horizont variierte von 68° 3 bis 71° 9 und war im Mittel 69° 54.

Infolge einer Mitteilung vom Astronomischen Observatorium in Christiania ist die normale magnetische Inklination an dieser Stelle 70° 8.

Von besonderem Interesse war eine schöne blaue Nordlichtkrone, von welcher ich 12 gute Photographien zwischen 4^h 40^m und 4^h 46^m (morgens, 23. März) nahm. Die drei besten gaben für den Radiationspunkt Höhen von 68° 5 bis 68° 8. Die blauen Strahlen waren ungewöhnlich ausgedehnt und machten den Eindruck, sehr hoch zu steigen.

Leider habe ich keine sicheren Photogramme dieser Strahlen.

Ein detaillierter Bericht dieses merkwürdigen Nordlichts wird zusammen mit dem Ergebnis sämtlicher Messungen der im südlichen Norwegen photographierten Nordlichter in einem besonderen Werke publiziert werden.

Carl Störmer.

Besprechungen.

Driesch, Hans, Philosophie des Organischen. Zweite, teilweise umgearbeitete Auflage. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1921. 608 S. und 14 Figuren im Text.

Unter denjenigen, welche Anteil an einer philosophischen Durchdringung der Lebenserscheinungen und der Ausarbeitung einer prinzipiellen Sonderstellung des Lebens und der Wissenschaft vom Leben genommen haben, nimmt Hans Driesch eine ganz hervorragende Stellung ein. Von allen seinen Werken, die im Sinne des Gesagten der theoretischen Biologie und namentlich dem Vitalismus gewidmet sind, ist die zuerst im Jahre 1909 erschienene Philosophie des Organischen als der am tiefsten gehende Versuch anzusehen, die Autonomie des Lebens zu beweisen und in geläuterten Begriffen der Naturphilosophie zu verankern. Driesch ist, wie er selbst hervorhebt, seit der Herausgabe der ersten Auflage ein anderer geworden, indem er in folgerichtiger Entwicklung seiner Anlagen „reiner Philosoph“ wurde. Das hat aber wenig an dem bei weitem überwiegenden Teil seines Werkes geändert, welcher sich mit einer scharfsinnigen Analyse des Tatbestandes der Biologie befaßt, um hieraus, unter Mithilfe einer durch reiches Wissen geschärften Hellsichtigkeit für das Vorhandensein und die Weisung der biologischen Probleme, die bekannten Beweise für die Autonomie des Lebens zu entwickeln. Auch ist alles Wesentliche, was eine reiche, elfjährige Periode biologischen Schaffens an Material erworben hat, in der Neuauflage verwertet worden. In den Händen von Driesch formt sich dieser Neuerwerb zu einer Bestätigung der Folgerungen, die schon ehemals gezogen wurden. Von hohem Interesse ist die Stellungnahme Drieschs beispielsweise zu den neuen

⁴⁾ Siehe § 30 des oben zitierten Werkes *Rapport sur une expédition etc.* Geof. publ. Band I, Nr. 5.

Problemen der Anpassung, der Instinkte und der Handlungen und charakteristisch für seine „Endgültigkeiten“ nachgehende Betrachtungsweise der Dinge die Kritik der Mendelforschung, durch welche er zu zeigen versucht, daß die auch von ihm hochbewerteten Fortschritte der Vererbungslehre durch die Impulse der Mendelregel nur von materiellen *Mitteln* der Vererbung und Formbildung, welche in der Kette der Generationen von Keim zu Keim weitergegeben werden, und von nichts weiter reden. Ähnlich feine Dinge finden sich in der Betrachtung der tierischen Handlung. Die neueren Erfahrungen in der Lehre von den Instinkten und in der Hirnphysiologie werden kritisch beleuchtet und im Sinne von *Driesch* von einer mechanisch-maschinellen Deutung abgerückt. *Driesch* wandelt hier öfters gleiche Wege wie der ihm geistesverwandte Weggenosse *Jakob von Uexküll*.

Die zentrale Stellung in *Drieschs* Philosophie des Organischen nimmt seine Entelechielehre ein. Den Autor dieser originellen Lehre trifft keine Schuld, wenn sie oft mißverstanden wird. Sie hat mit dem landläufigen, oft mit naturwissenschaftlichen Tatsachen und Begriffsbildungen in unlöslichen Widerspruch gelangenden Vitalismus nichts gemein. Entelechie ist nach *Driesch* nicht Energie, nicht Kraft, nicht Intensität und nicht Konstante. Die Entelechie ist ein teleologisch wirkender Naturfaktor. Sie ist eine intensive Mannigfaltigkeit und vermag auf Grund ihrer inhärenten Verschiedenheiten den Betrag an Mannigfaltigkeit in der anorganischen Welt zu vermehren, soweit Mannigfaltigkeit der Verteilung in Betracht kommt; sie wirkt durch Suspension möglichen, auf gegebene Potentialdifferenzen basierten Geschehens und durch Aufheben solcher Suspensionen. Die Abgrenzung der Entelechie gegenüber der Energetik, der Mechanik und der chemischen „lebenden Substanz“ gehört mit zum Scharfsinnigsten, was auf dem Gebiete der theoretischen Biologie geschrieben worden ist und wird hierdurch selbst demjenigen, der erkenntnistheoretisch *Drieschs* „vitalistischen“ Standpunkt ablehnt, reichste Anregung bieten. *Drieschs* Auffassung vom Lebendigen schließt jede Durchbrechung naturwissenschaftlicher Gesetze aus, denn nach ihm ist unbelebtes und belebtes Geschehen in der Natur dem Prinzip der Eindeutigkeit unterworfen. Der Unterschied beruht darin, daß das eine räumlich, extensiv, quantitativ, das andere aber nicht räumlich, intensiv ist und nur ordnet. Beide aber beziehen sich auf räumliche Ereignisse, d. h. auf Natur.

Wir gebrauchen den Begriff „Teleologie“, weil ihn *Driesch* selbst verwendet. In dem ganz neuen Teil seines Werkes, dem „rein“ philosophischen, überwindet er den mit den Schlacken seiner Herkunft aus der Psychologie behafteten Begriff der Zweckmäßigkeit durch Neuaufstellung des von ihm als Grundbegriff der gesamten vitalistischen Lehre vom Lebendigen bezeichneten Begriffs „das Ganze oder Ganzheit“. Das Ganze ist das, dem ich keinen Teil nehmen kann, ohne sein logisches Wesen zu zerstören. Wie in der unbelebten Natur die Einzelheitskausalität (z. B. die beiden Sätze der Thermodynamik, die Phasenregel usw.) herrscht, so verwirklicht sich in der belebten Natur die Ganzheitskausalität. Was das bedeuten soll, belegt als Beispiel die experimentelle Formenphysiologie, die gerade von *Driesch* eingehend studierte Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme. Was hier geschieht, ist: Eine Summe geht

über in ein Ganzes ohne Präformation dieses Ganzen im Raum. Auf solchen, hier nur ganz andeutungshaft skizzierten Erwägungen gelangt *Driesch* zu seiner Definition des lebenden individuellen Organismus. Der individuelle Organismus als Gegenstand der Naturlehre ist ein aus organisch-chemischen Stoffen weniger Gruppen bestehendes, im Stoffwechsel stehendes, sich entwickelndes materielles System von anfangs niedrigstufiger, im Endstadium hochstufiger Mannigfaltigkeit, welches der adaptiven und restitutiven Regulation fähig ist und in seinem gesamten Werden, sei dieses evolutiv, funktionell oder regulativ, einer Gesetzmäßigkeit vom Typus der Ganzheitskausalität untersteht.

Das Werk schließt mit zwei ganz neuen Teilen, von denen das eine die Überpersönlichkeitsprobleme behandelt, das andere metaphysische Ausblicke gibt. Der Leser von *Drieschs* beiden Werken „Leib und Seele“ und „Wirklichkeitslehre“ wird die hier behandelten Probleme daselbst eingehender kennen lernen. In der vorliegenden Philosophie des Organischen bedeuten sie trotz ihrer Kürze einen Gipfelpunkt gedanklicher Betrachtungen, die ein tieferes Verständnis für Werdegang und Ziel der *Drieschschen* Naturauffassung eröffnen. Leon Asher, Bern.

Wentscher, Else, Das Problem des Empirismus, dargestellt an *John Stuart Mill*. Bonn, A. Marcus u. E. Weber, 1922. VIII, 153 S. 16 × 23 cm.

Das Buch verfolgt seinem Titel entsprechend sowohl historische als philosophische Ziele: der Empirismus als philosophische Gesamtrichtung soll in der Gedankenarbeit eines seiner hervorragendsten und vielseitigsten Vertreter analysiert und auf seine Tragfähigkeit als „Basis einer Weltanschauung“ untersucht werden. Im Einleitungskapitel gibt die Verfasserin einen Abriss von *Mills* persönlichem Entwicklungsgang, worin vor allem die groteske Erziehungsmethodik seines Vaters James, dann seine Beziehungen zu *Comte* und zu seiner späteren Gattin Mrs. *Taylor* bedeutsam hervortreten. Darauf werden in fünf Kapiteln die Leistungen *Mills* auf den verschiedenen Gebieten der theoretischen und praktischen Philosophie behandelt. Was die letztere anbelangt, so ist *Mill* nach dem Urteil der Verfasserin „vor allem aufbauender Kultur-reformator“; auf ethischem Gebiet ist er „trotz der utilitaristischen Formulierung seiner Gedanken in letzten Grunde Idealist“, sein höchster Wert ist nicht etwa das, was erfahrungsgemäß die Mehrzahl der Menschen als Glückseligkeit ansieht, sondern die „Verwirklichung des sittlichen Ideals, der Vervollkommenheit der Menschheit“. In seinen drei nachgelassenen Essays über Religion dringt *Mill* sogar bis ans Metaphysische vor, indem er „mit der ganzen Sorgfalt des induktiven Forschers erwägt, welche Schlüsse von gesicherter Erfahrung aus zu den letzten Grundlagen unseres Seins führen, wie weit zwingende Schlüsse auf diesem Gebiet reichen und welches Recht Postulate beanspruchen dürfen“. Auch in der Psychologie geht *Mill* erheblich über den orthodoxen Empirismus hinaus, zumal in seinen Ansichten über das Realitätsbewußtsein („belief“), über elementare Willensvorgänge und über die fort-dauernde reale Ich-Einheit, die er als Substrat namentlich der Gedächtnisercheinungen annehmen zu müssen glaubt. — Auf logisch-erkenntnistheoretischem Gebiet würdigt die Verfasserin insbesondere *Mills* Lehre vom Syllogismus, von den mathematischen Axiomen, seine Theorie der naturwissenschaftlichen Induktion und endlich seine Stellung zum Außenweltsproblem. Mit sachkundiger Umsicht werden auch hier die Fortschritte *Mills* gegenüber dem älteren Empirismus auf-

gewiesen; besonders nachdrücklich wird die bahnbrechende Bedeutung der Induktionstheorie betont. Die prinzipielle Kritik, welche die Verfasserin hierbei (z. T. im Anschluß an B. Erdmann und E. Becher) an den Lehren Mills übt, wird man mit Interesse und Nutzen lesen, auch wenn man glaubt, daß die Begriffe Erfahrung, Realität usw., mit denen sie arbeitet, selbst noch eingehender Klärung bedürftig und fähig sind, und daß im Zusammenhang mit einer solchen Klärung vielleicht gerade die speziellen Leistungen Mills eine noch größere Bedeutung erhalten dürften, als ihnen gemäß jener allgemeinen Kritik zukommt.

Karl Gerhards, Aachen.

Wentscher, Else, Geschichte des Kausalproblems in der neueren Philosophie. Leipzig, Felix Meiner, 1921. VIII, 389 S.

Die jüngste Entwicklung der Naturwissenschaften hat das Interesse der Naturforscher für erkenntnistheoretische Probleme neu belebt und verstärkt. Physikalische und biologische Fragen haben die Aufmerksamkeit speziell auf das Kausalproblem hingelenkt. Wer sich gründlich mit diesem Problem beschäftigen will, wird durch den gegenwärtigen Stand desselben nachdrücklich auf seine bedeutsame Geschichte hingewiesen.

Der Geschichte des Kausalproblems sind außer sehr zahlreichen Spezialarbeiten mehrere zusammenfassende Werke gewidmet worden. Neben A. Lang, Das Kausalproblem, Köln 1904, ist das große Werk von E. Koenig, Die Entwicklung des Kausalproblems, Leipzig 1898, 1890, hervorzuheben, das in zwei stattlichen Bänden von Cartesius bis Kant und von Kant bis zu Riehl, Volkelt und Wundt führt. Wie Koenigs Werk durch eine Preisaufgabe der Berliner Akademie angeregt wurde, so auch Else Wentschers preisgekrönte „Geschichte des Kausalproblems in der neueren Philosophie“, die ebenfalls mit Descartes beginnt; sie schließt mit Kapiteln über O. Liebmann, Chr. Sigwart und B. Erdmann. Koenigs Werk ist auch heute noch wertvoll; doch wird man die neue, gründliche, selbständig aus den Quellen erarbeitete Darstellung E. Wentschers vielfach schon darum begrüßen, weil sie nur halb so lang ist wie jenes für viele Interessenten doch gar zu umfangreiche Werk. Dem Naturforscher, der sich über die Geschichte des Kausalproblems unterrichten will, wird das Wsche Buch auch darum willkommen sein, weil es die Beziehungen des Problems zur Naturwissenschaft und die Auffassungen von Rob. Mayer, H. v. Helmholtz, G. Kirchhoff und E. Mach berücksichtigt. Ferner wird es gerade dem von der Naturwissenschaft aus zum Kausalproblem kommenden Leser von Nutzen sein, daß die Verfasserin die Kausalitätstheorien der Philosophen im Zusammenhang mit den Grundlinien der betreffenden philosophischen Systeme darzustellen pflegt; ermöglicht doch erst die Einsicht in diesen Zusammenhang ein tieferes Verständnis.

Die Darstellung der vielfach ziemlich komplizierten erkenntnistheoretischen und metaphysischen Lehren ist wohl gelungen.

Erich Becher, München.

Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 1. Chemische Methoden. Teil 7. Spezielle analytische und synthetische Methoden. Heft 1. Wien, Urban & Schwarzenberg, 1922, 262 S. 18 × 25 cm.

Fast mit demselben Recht, mit dem man nur zu häufig das Gebiet der Kohlenhydrate als „abgegrast“ bezeichnet, könnte der Organiker auch die Protein-

chemie nicht mehr für lukrativ genug erachten, wenn er allein schon die Arbeiten Emil Fischers und seiner Schüler, unter denen Emil Abderhalden am meisten genannt wird, vor sich liegen hat. Und doch, was hat das Ausland gerade im vergangenen Kriege noch für neues Material sammeln können! Andererseits ist es ja erklärlich, daß der Anfänger in der Eiweißchemie, weil er den Überblick über die vielen Einzelarbeiten verliert, leicht zurückschreckt. Man wird deshalb das erste Heft des 7. Teils vom Abderhaldenschen Handbuch mit Freuden begrüßen, da wir mit ihm einen Überblick über die weit verstreute Literatur der Eiweißabbauprodukte in die Hand bekommen.

Die „Allgemeine Technik und Isolierung der Monoaminosäuren“ — der erste Abschnitt des Werkes — bringt uns eine Zusammenfassung der Abderhaldenschen und Fischerschen Arbeiten, in der der Verfasser — Abderhalden — ein eingehendes Bild der teilweise recht schwierigen Methodik entwirft.

Ein für den Praktiker besonders wichtiger Teil des Buches liegt in dem anschließenden, von A. Weil besorgten Aufsatz: „Besondere Methoden zum Nachweis einzelner Aminosäuren“ vor. In ihm wird die Dakinsche Butylalkoholextraktionsmethode bei der Aufarbeitung von Proteinhydrolysaten näher erläutert. Weil faßt die auch heutzutage noch recht schwer zugängliche ausländische Literatur in gedrängter Form zusammen; doch so, daß man bei der Durchführung der Methode die Originalarbeiten im allgemeinen nicht vermissen wird. Leider wird dieses elegante Dakinsche Verfahren, das ja zur Auffindung der β -Oxyglutaminsäure führte, mit Rücksicht auf den unerschwinglichen Preis des Butylalkohols in deutschen Laboratorien nur selten zur Anwendung kommen können.

Die Fischersche Estermethode, wie das Dakinsche Extraktionsverfahren haben den großen Vorteil, uns präparativ die einzelnen Spaltprodukte der Proteine als solche in die Hand zu liefern, können aber beide keinen Anspruch darauf machen, als quantitative Analyse der Eiweißstoffe zu gelten, und haben außerdem den Nachteil, verhältnismäßig große Substanzmengen zu erfordern. Um also mit wenig Material quantitativ analytische Werte zu erhalten, muß man einen anderen Weg einschlagen. Diesen zeigt uns D. D. van Slyke. Es übersteigt den Rahmen des Referats eine genaue Schilderung der recht komplizierten Methodik, die nur ca. 3 g, im Höchsfalle 6 g Substanz benötigt, zu entwerfen.

Die Methode scheint auf den ersten Blick sehr mit den Fehlern der indirekten Analyse behaftet, besonders bei der Bestimmung von Histidin und Lysin. Doch betont der Verfasser, daß die Resultate trotzdem sehr zuverlässig ausfielen. Zum Schluß des Aufsatzes angeführte Tabellen zeigen auch, daß man bei verschiedenen Eiweißarten 98,85 bis 100,95 % der N-haltigen Substanz bestimmen konnte. Solche Ergebnisse werden natürlich aber wohl nur sehr sorgfältig arbeitende Analytiker, die lange Erfahrung in dieser Arbeitsweise besitzen, erhalten können.

Die präparative Darstellung vieler pflanzlicher Proteine bereitet, wie jeder Fachmann bestätigen kann, recht erhebliche Schwierigkeiten. Nicht allein, daß die Vorbereitungen, d. h. Zerkleinerung und Trocknen, sorgfältiger Ausführung bedürfen, sondern mehr noch als in tierischen Produkten sehen wir uns bei ihnen einem wahllosen Gemisch verschiedenster Körperklassen und Verbindungen gegenüber. Diese zu trennen erfordert viel Mühe und Arbeit. Die verwickelte Methodik, die jeweils individuell auf das Endprodukt ein-

gestellt werden muß, wie auch die gedrängte Art der Darstellung ist wohl schuld daran, daß die von *E. Winterstein* entworfene Darstellung verschiedener Aminosäuren aus pflanzlichen Urstoffen etwas unübersichtlich erscheint und dem Proteinchemiker weniger eine Anleitung zur Bearbeitung der Pflanzenstoffe gibt, als vielmehr einen Überblick über die vorliegenden Möglichkeiten, sie experimentell zu erfassen. Man wird also bei seiner Benutzung häufig von den reichlichen Zitaten Gebrauch machen müssen.

Der umfangreichste Teil des Buches ist der Synthese von Monoaminosäuren gewidmet. Bis auf eine kurze einleitende Übersicht behandelt *Fodor* jede Verbindung in allen Einzelheiten und bringt, erläutert durch Strukturformeln, die bewährtesten Spezialrezepte zur Darstellung der meisten in Frage kommenden inaktiven Aminosäuren sowie zu ihrer Spaltung in die optisch-aktiven Komponenten auf chemischem Wege. In umfangreichem Tabellenmaterial finden wir außerdem die Konstanten und Löslichkeiten dieser Verbindungen und ihrer Derivate zusammengestellt. Zum Schluß jedes Abschnittes werden auch noch kurz die Möglichkeiten der qualitativen und quantitativen Bestimmung erwähnt.

Schneller als auf chemischem Wege gelingt es häufig, inaktive Aminosäuren biologisch in optisch-aktive Substanzen zu verwandeln. Der Wert dieses Verfahrens wird von *Ehrlich* einleuchtend erörtert. Wenn wir durch den asymmetrischen biologischen Abbau auch die nichtnatürlichen aktiven Verbindungen erhalten, so sind wir ja durch die Fischerschen Arbeiten über Waldensche Umkehrung leicht imstande, zu den natürlichen Aminosäuren oder, was für die Polypeptidsynthesen häufig noch viel angenehmer ist, zu ihren halogenhaltigen Vorstufen zu gelangen. Unter diesen Methoden spielt die Vergärung mit Hefe die Hauptrolle. Die Hefe ist leicht zugänglich, relativ billig und arbeitet am schnellsten; sie wird im organischen Laboratorium im allgemeinen den Vorzug verdienen. Einige Beispiele ergänzen schließlich die gediegene, das Wesentliche betonende Darstellung, die dem Laboratoriumschemiker erspart, sich durch die weitschweifige und verstreute biologische Literatur durchzuarbeiten.

Mit der Synthese und dem Abbau der Hexonbasen beschäftigt sich *H. Steudel*. Es werden die gangbaren Verfahren zur Darstellung von Histidin, Arginin und Lysin erörtert und durch Formelmateriale illustriert. Auch eng verwandte Verbindungen, wie die Methylhistidine, Imidazoläthylamin, Agmatin usw., finden Berücksichtigung.

Nachdem in den vorhergehenden Abhandlungen von der Tatsache, daß die Aminosäuren stickstoffhaltig sind, für analytische Zwecke mehrfach Gebrauch gemacht worden war, kommt in dem letzten Abschnitt ihre saure Natur hierfür zur Geltung. Dem stellt aber der amphotere Charakter dieser Verbindungen, die gleichzeitig eine basische und eine saure Gruppe besitzen, gewisse Schwierigkeiten entgegen. Durch die Verwertung der Schiffischen Reaktion gelang es *Sørensen*, der Schwierigkeiten Herr zu werden. Denn der störende Einfluß der Aminogruppe, d. h. ihre Basizität, wird durch diese Reaktion ausgeschaltet und die Carboxylgruppe der Acidimetrie zugänglich gemacht. Allerdings sind die Schwierigkeiten damit noch nicht ganz aus dem Wege geräumt; denn die Schiffische Reaktion ist umkehrbar, und das Gleichgewicht zwischen Aminosäure und Aldehyd einerseits, Schiffischer Base und Wasser andererseits von der Konzentration der Wasserstoffionen abhängig. Werden jedoch alle Kau-

telen, die *Jessen-Hansen* eingehend auseinandersetzt, beobachtet, ist man gut imstande, absolute und sichere Titrationsergebnisse zu erzielen. Häufig wird jedoch die neue Willstättersche Titriermethode, da sie einfacher ist, den Vorzug verdienen.

Zusammenfassend sei bemerkt, daß der hier vorliegende Teil des Abderhaldenschen Handbuches ein durchaus brauchbares Laboratoriumsbuch darstellt. Doch leidet seine Benutzung zurzeit noch sehr unter dem Fehlen eines Sachregisters, durch das es erst voll zur Geltung kommen könnte. Daß verschiedene Fachgelehrte die Behandlung der Einzelthemen übernommen haben, dient ihm sehr zum Vorteil, wenn sich auch Wiederholungen nicht vermeiden ließen. Dem Erscheinen weiterer Lieferungen dürften die Fachgenossen mit Interesse entgegensehen. *H. Schotte, Dresden.*

Garten, S., Beiträge zur Vokallehre. Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften. Bd. XXXVIII. Leipzig, B. G. Teubner, 1921. 19 × 29 cm. 1. Analyse der Vokale mit dem Quinckeschen Interferenzapparat. 43 S. Mit 3 Tafeln und 3 Textfiguren. — 2. Eigentöne der Mundhöhle bei Einstellung auf verschiedene Vokale ohne Betätigung der Stimme. 26 S. Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren. — 3. Gemeinsam mit *F. Kleinknecht*. Die automatische harmonische Analyse der gesungenen Vokale. 43 S. Mit 4 Tafeln und 5 Textfiguren.

Die Arbeiten beschäftigen sich mit der Frage, welche physikalischen Vorgänge zur Erzeugung eines Vokalklanges wesentlich beitragen. Es stehen sich hier in der Hauptsache zwei Theorien gegenüber. Die Helmholtzsche Theorie läßt von den harmonischen Teiltönen des vom Stimmband gebildeten Klanges einige durch Resonanz in der Mundhöhle verstärkt werden. Diese verstärkten Teiltöne sollen es sein, welche dem Vokal sein charakteristisches Gepräge geben. Die „Formanten“ des Vokals liegen also stets harmonisch zum Grundton. Nach *Hermann* sind dagegen die Formanten im allgemeinen unharmonisch zum Grundton. Sie fallen genau mit den Eigentönen der Mundhöhle zusammen und entstehen dadurch, daß durch jede Grundtonperiode des Stimmbandklanges die Luft in der Mundhöhle immer wieder von neuem in Eigenschwingungen versetzt wird (Pufftheorie).

Garten kommt in den vorliegenden Arbeiten zu dem Resultat, daß ein Teil der Wahrheit in beiden Theorien enthalten ist, daß aber weder die Helmholtzsche noch die Hermannsche Theorie das Problem restlos klärt. Freilich scheint dem Ref., daß die Anschauungen, zu denen *Garten* durch seine Versuche geführt wird, der Hermannschen Theorie doch viel näher liegen als der Helmholtzschen. Der Formant ist auch nach *Garten* im allgemeinen unharmonisch zum Grundton.

Es ist nicht möglich, in einem kurzen Referat den reichen Inhalt der drei Arbeiten auch nur in Stichworten einigermaßen vollständig anzugeben, zumal eine Fülle von Einzelbeobachtungen angestellt worden ist. Auch ist es kaum möglich, ohne eigene Versuche eine sichere Stellung zu allen von *Garten* bzw. *Garten* und *Kleinknecht* behandelten Fragen zu gewinnen. In manchen Einzelfragen ist es dem Ref. nicht gelungen, sich von der Beweiskraft der Versuche und Argumentationen wirklich zu überzeugen. Sicher aber scheint dem Ref., daß die vorliegenden Arbeiten zu den geistreichsten und besten zu zählen sind, die über die Entstehung der Vokale existieren, und daß in Zu-

kunft jeder, der sich mit Vokaltheorie beschäftigen will, die Gartenschen Arbeiten aufs gründlichste studieren muß. Möchten sich auch recht viele Physiker in das Studium der Arbeiten vertiefen. Sie werden, vielfach vielleicht mit etwas Erstaunen, feststellen können, wie zahlreiche und reizvolle Probleme die physiologische Akustik auch dem Physiker noch zu bieten hat.

In der ersten Arbeit wird nach einer sehr klaren Einleitung über die verschiedenen Methoden der Vokalanalyse der Quinckesche Interferenzapparat (in der von Grützner angegebenen Form) auf seine Brauchbarkeit für die Vokalanalyse geprüft. Garten kommt hierbei zu dem Resultat, daß die Einwände gegen die Hermannsche Vokaltheorie, welche bisher aus den Interferenzversuchen heraus erhoben worden sind, nicht stichhaltig sind.

In der zweiten Arbeit werden die Eigentöne der Mundhöhle in Vokalstellung bei Erregung mittels Funkenknall, mittels Schlitzsirene und mittels Flüstern registriert. Die so für die einzelnen Vokale gefundenen Eigentöne stimmen unter sich gut überein, liegen jedoch, namentlich beim O und U, beträchtlich höher als die Eigentöne, die beim Singen von Vokalen gefunden worden sind. Als Grund hierfür wird angegeben — und am Modell erläutert —, daß sich der Eigentön der Mundhöhle bei Verengung der Stimmritze (Singen) vertieft; ein sehr nahe- liegender und einleuchtender, m. W. bisher aber noch nicht beachteter Gedanke.

In der dritten, gemeinsam mit Kleinknecht ausgeführten Arbeit wird eine neue, geistreiche Methode zur objektiven Analyse der Vokalklänge beschrieben. Ein mit einem Gartenschen Schallschreiber verbundener, kugelförmiger Luftresonator (Gummiball), der durch einen Vokalklang erregt wird, durchläuft kontinuierlich in der Zeit von weniger als einer Sekunde einen großen Bereich von Einzelschwingungen, indem er zusammenschumpft. Sobald der Eigentön des Resonators mit einem Partialton des Vokales zusammenfällt, zeichnet der Schallschreiber den betreffenden Ton auf. A. Wetzmann, Breslau.

Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie. 4. teilweise neubearbeitete Auflage. Stuttgart, F. Enke, 1922, XI, 599 S. und 227 Abb.

Die in der Besprechung des ersten Bandes ausgeführten allgemeinen Gesichtspunkte gelten auch für den zweiten Band. Im einzelnen ist auch dieser Teil an zahlreichen Stellen verbessert und bereichert worden; die Seitenzahl ist von 524 auf 599, die Anzahl der Figuren von 196 auf 227 gestiegen. Stark vermehrt und modernisiert sind vor allem die Aufsätze von Sieberg (Erdbebenforschung), wo hauptsächlich die makroseismischen Methoden, ihrer ständig wachsenden Bedeutung entsprechend, ausführlicher dargestellt werden; ferner die Messung und Kartierung der Niederschläge (vom gleichen Verfasser); die Darstellung der Kriegsgeologie auf Grund neuer Beiträge; das Sammeln und Präparieren von Pflanzenresten sowie die Untersuchung von Mineralkohlen (beides durch Mitwirkung von Gothan); das Sammeln und Präparieren von Foraminiferen (unter Mitwirkung von Oberlehrer A. Franke in Dortmund). Am stärksten vermehrt und bereichert hat E. Kaiser (München) die Darstellung der mineralogisch-petrographischen Methoden, ein Abschnitt, in welchem zum ersten Mal die Untersuchung auf Radioaktivität (10 S.) und die Beobachtung von Mineraldünnschliffen in auffallendem Licht (auf Grund der amerikanischen, in

Deutschland durch H. Schneiderhöhn entwickelten Methoden) Platz gefunden haben. Die Meigsche Unterscheidung von Kalkspat und Aragonit sowie die Unterscheidung von Kalkspat und Dolomit sind in diesem Abschnitt näher ausgeführt und durch neue Verfahren bereichert.

Durch Anwendung von Kleindruck konnte trotz der starken Vermehrung das Buch handlich bleiben. Mehrfache Verdeutschungen sind zu begrüßen. Auch dieser Band wird weit über die Kreise der Geologen hinaus dankbar begrüßt und verwandt werden.

H. Cloos, Breslau.

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie. Herausgegeben von H. Ludendorff in Gemeinschaft mit den Herren Eberhard, Freundlich und Kohlschütter. Siebente Auflage. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1922. XIV, 902 S. und 240 Abbildungen.

Die siebente Auflage des vorliegenden Buches, die sich überraschenderweise schon ein Jahr nach dem Erscheinen der sechsten als notwendig erwiesen hat, ist ein im wesentlichen unveränderter Abdruck der letzten Auflage. Immerhin enthält sie zahlreiche kleinere Veränderungen und Verbesserungen, und alle Tabellen und sonstigen Zahlenangaben sind dem neuesten Stande der Kenntnis angepaßt. In einem Nachtrage sind die Fortschritte der Wissenschaft während des letzten Jahres eingehend berücksichtigt worden; zu diesem Nachtrage hat Herr Prof. Hagen S. J., Direktor der Vatikanischen Sternwarte in Rom, eine Darlegung seiner Beobachtungsergebnisse über die dunklen Nebel beige-steuert. Vorwort.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über den Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste.

In Heft 6 dieses Jahrgangs der „Naturwissenschaften“ weist O. Baschin, anknüpfend an die auf die „Polflucht der Kontinente“ sich beziehenden Darlegungen A. Wegeners und W. Köppens, darauf hin, daß in horizontaler Richtung wirkende verschiebende Kräfte in der Erdkruste auch dann auftreten, wenn Erdschollen sich heben oder senken, da jede Hebung und Senkung die Schollen in andere Regionen bringt, die eine größere oder geringere Rotationsgeschwindigkeit besitzen als diejenige war, welche sie vorher hatten. Diese Angabe ist zwar richtig; eine rechnerische Nachprüfung läßt aber erkennen, daß ebenso wie die aus der verschiedenen Höhenlage der Schollen resultierenden, die Polflucht veranlassenden, auch die durch vertikale Dislokationen ausgelösten, in west-östlicher Richtung wirkenden Verschiebungsdrucke zu schwach sind, um die vermuteten Wirkungen zu erzielen.

Eine quadratische Scholle habe die Kante a und die lineare Rotationsgeschwindigkeit v_0 . Hebt sie sich um die Strecke h , so ist, wenn r den Erdradius bedeutet, ihre Geschwindigkeit gemäß dem Flächensatze gleich $v_0 r : (r + h)$. Die der neuen Lage entsprechende Rotationsgeschwindigkeit ist $v_0 (r + h) : r$. Durch Subtraktion der beiden Werte ergibt sich die Geschwindigkeit v , mit welcher die Scholle in ihrer neuen Lage, falls keine Reibungswiderstände zu überwinden wären, hinter den benachbarten Massen zurückbleiben würde. In erster Näherung ist $v = 2 h v_0 : r$. Es möge angenommen werden, daß die gesamte kinetische Energie, die der Scholle infolge ihrer relativen horizontalen Bewegung anhaftet, sich weder in Reibungs-, noch Zertrümmerungs-, sondern ganz in Hebungsarbeit verwandelt, die

geleistet werden muß, um längs einer Schollenkante auf einem Streifen von der Breite b eine im Querschnitt dreieckige Gebirgskette von der Höhe h' aufzutürmen. Dann ist, wenn m die Masse der Scholle, m' die des Gebirges und g die Beschleunigung durch die Schwere bezeichnet,

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{3} m' g h'.$$

Ist d die Dicke der Scholle, δ ihre Dichte, also $m = a^2 d \delta$ und $m' = \frac{1}{2} a b h' \delta$, so folgt hieraus:

$$h' = \frac{2 v_0 h}{r} \sqrt{\frac{3 a d}{b g}}.$$

v_0 ist gleich dem Produkt aus der äquatorialen Rotationsgeschwindigkeit, die 464 m/sec beträgt, und dem Cosinus der geographischen Breite α der Scholle. Die Schollendicke d soll zu 100 km angenommen werden. Setzt man alle bekannten Werte ein, so erhält man:

$$h' = \frac{h \cos \alpha}{40} \sqrt{\frac{a}{b}}.$$

Ist zum Beispiel $a = 10\,000$ km und $b = 10$ km, so wird $h' = 0,8 h \cos \alpha$, d. h. wenn eine Scholle von der doppelten Größe Asiens sich um $h = 1$ km höhe, so würden die durch die Hebung ausgelösten, wagerechten Verschiebungskräfte längs einer Schollenkante auf 10 km breiter Basis ein Gebirge von höchstens 800 m Höhe aufwerfen können; ein 100 km breites Gebirge würde nur 250 m hoch werden. Die Faltengebirge der Erde sind aber ganz unverhältnismäßig ausgedehnter und massiger. Hieraus kann geschlossen werden, daß die von *Boschin* herangezogenen Verschiebungskräfte bei der Entstehung der Gebirge nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben. Viel wahrscheinlicher ist die Annahme, daß die Kräfte, welche die Erdschollen in senkrechter Richtung in Bewegung setzen, sie gleichzeitig auch zusammenfallen oder zerstückeln.

Bremen, den 13. Februar 1923. Fr. Nölke

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung vom 16. Januar 1923 gedachte der Vorsitzende zunächst mit ehrenden Worten des am 7. Januar verstorbenen Mitgliedes, des Wissenschaftlichen Hilfsarbeiters beim Meteorologischen Institut Berlin, Dr. E. Barkow. In Fachkreisen war dieser durch Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten der Meteorologie, besonders über die Turbulenz der Atmosphäre, bekannt geworden. An der letzten großen deutschen Expedition in die Antarktis 1911/12 nahm er als Meteorologe teil. Die reichhaltigen Ergebnisse seiner Arbeiten, die er dort unter Anwendung der neuesten Methoden gewann, konnte der Verstorbene noch kurz vor seinem Tode im Manuskript abschließen.

Nach Erledigung von geschäftlichen Angelegenheiten sprach Herr Prof. Dr. E. Werth, Regierungsrat an der Biologischen Reichsanstalt, über das Thema: **Der phänologische Reichsdienst.**

Seitdem man in Deutschland einen Pflanzenschutzdienst organisiert hatte, war man stets bestrebt gewesen, die Beziehungen aufzudecken, die zwischen dem Auftreten von Pflanzenseuchen und den Witterungsverhältnissen in vielen Fällen sicher bestehen. Man kam bei diesen Forschungen zunächst aber nicht über die ersten Anfänge hinaus. Die Ergebnisse waren so allgemeiner Natur, daß sie nicht befriedigen konnten. Man schrieb teilweise der Witterung sogar nur einen sekundären Einfluß bei einer Seuche zu und

glaubte an eine Periodizität in ihrem Auftreten, die man mit entwicklungsgeschichtlichen Ursachen erklärte. Aber trotzdem wurde immer wieder die Forderung erhoben, Gang, Intensität und Verbreitung einer Pflanzenseuche mit den meteorologischen Beobachtungen in Vergleich zu setzen. Von der Biologischen Reichsanstalt wurde auch an das Internationale Landwirtschaftliche Institut in Rom mit entsprechenden Anregungen herangetreten, worauf dieses schließlich ein Zusammenarbeiten der Phytopathologie mit der Meteorologie in sein Programm aufnahm. Der Krieg bereitete dieser internationalen Zusammenarbeit ein rasches Ende. Die Arbeit in Deutschland stockte deswegen doch nicht, sondern wurde durch die Gründung eines Meteorologisch-phänologischen Laboratoriums in der Biologischen Reichsanstalt sehr gefördert. Die Aufgabe dieser zentralen Stelle besteht darin, das Auftreten der Pflanzenkrankheiten mit Bezug auf die Witterungsfaktoren zu studieren, um so die Unterlagen für eine erfolgreiche Schädlingsbekämpfung zu gewinnen.

Der Vortragende konnte eine Reihe schon bekannter Beziehungen anführen und die Schädigungen selbst durch Vorlage von Präparaten erläutern. Genauere Festlegung der Zusammenhänge muß weiterer Forschung vorbehalten bleiben. So wird die Feststellung noch unbekannter Zwischenwirtspflanzen durch die Phänologie möglich sein. Daneben ist der Entwicklung der Unkräuter besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Da sie die Ertragsfähigkeit der Kulturpflanzen stark beeinträchtigen, müssen auch diese in den Beobachtungsbereich der Phänologie gezogen werden. Wichtige Vorarbeiten liegen hierin schon vor, z. B. von *Hiltner* über die Phänologie des Winterroggens, ferner von *Ilne*, dessen Karte der Frühdruschbezirke erwähnt wurde, und neuerdings von *Schrepfer*, der die Blüte- und Erntezeit des Winterroggens in Deutschland in einer phänologischen Karte dargestellt hat.

Neben dem Studium der mittleren Zustände muß die Bearbeitung der Anomalien der einzelnen Jahrgänge einhergehen. Die Jahre 1921 und 1922 wurden als Beispiele sehr ausgeprägter Gegensätze angeführt. 1921 brachte eine Verfrühung der Roggenernte um eine Woche, doch war dieser Durchschnitt nicht gleichmäßig verteilt, sondern schwankte zwischen 4 und 12 Tagen. 1922 erlitt die Roggenernte eine wesentliche Verspätung. Da die Phänologie der Kulturpflanzen natürlich die Unterscheidung der verschiedenen Sorten fordert, wird man die für die verschiedenen klimatischen und Bodenverhältnisse sich als widerstandsfähig und ertragreich erweisenden Sorten herausfinden.

Zunächst ist es nur möglich, einige typische Vertreter der Schädlinge zu beobachten, aber auch schon so werden wahrscheinlich bisher noch unbekannt gebliebene Phasen im Leben eines Schädigers aufgedeckt, wodurch man Anhaltspunkte zur wirksamen Bekämpfung der Seuche gewinnt. Auch die geologische Bodenbeschaffenheit ist sicher an dem Auftreten der Pflanzenkrankheiten stark beteiligt, und ihre Einflüsse sind näher zu untersuchen.

Um diese Bestrebungen des Pflanzenschutzes mit ihrer so großen praktischen Bedeutung systematisch fördern zu können, fordert der Vortragende die Schaffung eines phänologischen Reichsdienstes. Als Grundlage könnten bereits bestehende Netze dienen, z. B. das Ilnesche Netz, das für Norddeutschland durch Heranziehung des Netzes des Preussischen Meteorologischen Instituts verdichtet werden könnte, ferner die phänologischen Dienste in Bayern, Württemberg, Sachsen und Mecklen-

burg. Die Biologische Reichsanstalt hat mittlerweile von sich aus versucht, durch Versendung von Fragebogen an naturwissenschaftlich interessierte Kreise neues Material zu erlangen. Diese Fragebogen fordern die Beobachtung einer Auswahl von charakteristischen Arten aus Tier- und Pflanzenwelt und des Auftretens von tierischen und pflanzlichen Schädlingen.

Knoch.

Astronomische Mitteilungen.

Ein Stern von außergewöhnlich großer Masse ist von J. S. Plaskett (Monthly Notices R. A. S. 82, 447) auf dem astrophysikalischen Observatorium Victoria, British Columbia, gefunden worden. Es ist der Stern B. D. + 6° 1309 ($\alpha = 6^h 32^m 0^s$; $\delta = +6^\circ 13'$, 1900,0), dessen visuelle Helligkeit 6^m,06 beträgt. Er gehört zur Klasse der Wolf-Rayet Sterne, Spektraltypus Oe bis Oe5, und ist ein spektroskopischer Doppelstern, in dessen Spektrum die Linien beider Komponenten sichtbar sind. H_β , H_γ , H_δ sind als Emissionsbänder von etwa 25 Å Breite mit schwacher zentraler Absorption vorhanden, auch die Linien des ionisierten Heliums sind als Emissionslinien sichtbar, doch ist der allgemeine Charakter des Spektrums ohne Zweifel ein Absorptionsspektrum. H und K des Calciums sind als kräftige, scharfe Linien ausgebildet und nehmen an der periodischen Verschiebung der übrigen Linien nicht teil, wie das häufiger bei spektroskopischen Doppelsternen früher Spektraltypen der Fall ist.

Plaskett findet folgende Bahnelemente: Umlaufzeit 14,41 Tage, Exzentrizität 0,035, Abstand des Periastrons vom aufsteigenden Knoten 182°, halbe Amplitude der Schwankung der Radialgeschwindigkeit für die hellere Komponente 206,4 km, für die schwächere Komponente 246,7 km, Schwerpunktschwindigkeit + 23,9 km/sec. Aus diesen Elementen folgt weiter für die Projektion der Summe der großen Halbachsen $(a_1 + a_2) \sin i = 129$ Sonnenradien und für die Massen $m_1 \sin^3 i = 75,6$, $m_2 \sin^3 i = 63,3$ Sonnenmassen.

Als wahrscheinlichsten Wert der Dichte nimmt Plaskett 0,01 Sonnendichte und als Oberflächenhelligkeit eines Oe-Sternes — 4^m,0 relativ zur Sonne an. Dann folgt für die absolute Helligkeit der helleren Komponente — 5^m,65 und daraus die Parallaxe 0,"00035 entsprechend einer Entfernung von etwa 10 000 Lichtjahren. Der Durchmesser der helleren Komponente wird 20 mal, derjenige der schwächeren 18 mal so groß als der Sonnendurchmesser, während ihr Abstand voneinander 65 Sonnendurchmesser ist. Da bei dem System kein Lichtwechsel beobachtet wird, folgt aus diesen Dimensionen, daß die Neigung der Bahnebene nicht größer als 73° sein kann, womit als Minimalwerte der Massen folgen $m_1 = 86,4 \odot$ und $m_2 = 72,3 \odot$. Die bisher bekannten Sterne größerer Masse sind V Puppis, ein Bedeckungsveränderlicher, mit $m_1 + m_2 = 33 \odot$ und 29 Canis majoris, ein Oe-Stern, mit der Massenfunktion

$$\frac{m_2^3 \sin^3 i}{(m_1 + m_2)^2} = 4,58 \odot, \text{ woraus unter der Annahme } m_1 = m_2$$

die Minimalwerte $m \sin^3 i = 18,2 \odot$ folgen. Auch für andere spektroskopische Doppelsterne des Typus Oe hat man große Werte der Massenfunktion gefunden, und die enge Beziehung, welche zwischen den Wolf-Rayet Sternen und den planetarischen Nebeln besteht, deren Massen nach Campbell und Moore auch ungewöhnlich große Werte erreichen — für N. G. C. 7009 hat man 162 \odot gefunden —, läßt den für BD + 6° 1309 gefundenen Wert nicht unwahrscheinlich erscheinen.

Die Auffindung eines Sternes von so großer Masse ist aber insofern bemerkenswert, als nach Eddingtons Theorie über den Aufbau der Sterne Himmelskörper von so großer Masse instabil werden und zerfallen. Wir haben es hier ohne Zweifel mit einer bemerkenswerten Ausnahme zu tun, und es bleibt abzuwarten, ob die weitere Forschung noch andere Sterne mit ähnlich großer Masse finden lassen wird.

Die Calciumlinien H und K nehmen, wie oben schon erwähnt, an der periodischen Verschiebung der übrigen Linien nicht teil und ergeben die konstante Radialgeschwindigkeit + 16,0 km/sec., während die Systemgeschwindigkeit + 23,9 km/sec. beträgt. Die Differenz von + 8 km/sec. liegt dem Vorzeichen nach im Sinne der von Einstein geforderten Rotverschiebung, aber diese dürfte nach den angeführten Werten für Masse und Dichte nur + 2,8 km/sec. sein. Wollte man dem ganzen Betrag von + 8 km/sec. als Gravitationswirkung erklären, so müßte man dem System die unzulässig hohe Dichte von 0,4 anstatt 0,01 Sonnendichte beilegen.

Die Nachforschung nach kugelförmigen Sternhaufen auf amerikanischen Sternwarten hat die Zahl dieser Gebilde, die von Shapley bei seinen bekannten Untersuchungen auf 86 angegeben wurde, inzwischen auf 95 erhöht (Harvard Bulletin 776). Von besonderem Interesse ist es, daß Lampland auf dem Lowellobservatorium einen schwachen Kugelhaufen im Sternbilde des Luchs fand, weit ab von der Mehrzahl der übrigen Kugelhaufen. Dieser neue Kugelhaufen, N. G. C. 2410, hat einen scheinbaren Durchmesser von weniger als 2' und damit ergibt sich nach der von Shapley gefundenen Relation zwischen Entfernung und Durchmesser ein Abstand von 50 000 Parsecs oder 165 000 Lichtjahren. Da dieser neue Haufen auf der entgegengesetzten Seite des Himmels liegt als die Mehrzahl der übrigen, wird durch ihn die Ausdehnung des Milchstraßensystems, wenn es durch das System der kugelförmigen Sternhaufen bestimmt wird, erheblich erweitert. Die Entfernung dieses neuen Haufens von einem anderen, der ihn am Himmel nahe gegenüber liegt, beträgt etwa 350 000 Lichtjahre, während Shapley in seinen früheren Untersuchungen als Durchmesser des Milchstraßensystems etwa 220 000 Lichtjahre fand.

Otto Kohl.

Das neue 50-Fuß-Interferometer des Mt.-Wilson-Observatoriums. Die große Bedeutung, welche die neue Interferenzmethode zur Messung von scheinbaren Durchmessern der Fixsterne hat, ist in dieser Zeitschrift 9, 599—608, 1921, von Dr. v. d. Pahlen eingehend gewürdigt worden. Kennt man nämlich aus Messungen der Parallaxe die Entfernung des betreffenden Sternes, so folgt aus dem scheinbaren oder Winkeldurchmesser sofort der wahre Sterndurchmesser. Diese Größe ist für die neueren Forschungen über den Zusammenhang von Größe, Dichte und Spektraltypus von Bedeutung und erlaubt somit wichtige Schlußfolgerungen für die Entwicklungsgeschichte der Sterne.

Die Methode beruht im wesentlichen darauf, daß von jedem Punkt des Sterns auf die Erde ein Bündel paralleles Licht gesandt wird. Von der ebenen Wellenfront dieses Bündels werden zwei kleine Stücke ausgesondert und mit Hilfe von Spiegeln und Linsen zur Deckung gebracht. Es entsteht dann ein Bildchen, welches von Interferenzstreifen durchzogen ist. Hat der Stern von der Erde aus gesehen einen endlichen Winkeldurchmesser, so überlagern sich die Interferenzbilder, welche von den verschiedenen Punkten der Sternoberfläche herrühren. Bei einem bestimmten Abstand der aus der Wellenfront ausgeschnittenen Stücke

fallen die Interferenzsysteme so aufeinander, daß gleichmäßige Helligkeit besteht. Es gilt nun zwischen dem so bestimmten Basisabstand D , der effektiven Wellenlänge λ und dem scheinbaren Sterndurchmesser α die einfache Beziehung: $D = 1,22 \lambda / \alpha$.

Hieraus ersieht man sofort, daß es zur Messung der kleinen Größe α vor allem auf genügend großen Basisabstand D ankommt. Während die ersten erfolgreichen Versuche von Michelson und Pease auf dem Mt. Wilson mit einem Konkavspiegel von 250 cm Durchmesser und davorgesetztem Spiegelsystem von 7 m (20 Fuß) Abstand gemacht wurden, ist man jetzt dazu übergegangen, dort ein Riesensystem dieser Art zu bauen. Hierüber berichtet der Direktor des Mt. Wilson-Observatoriums Hale im Oktoberheft der „Nature“ folgendes: Ein Steinpfeiler wird eine massive Stundenachse tragen, an welcher nahe dem Erdboden ein Konkavspiegel von 88 cm (36 inches) sich befindet. Die Stundenachse ist nur um $1\frac{1}{2}$ Stunden nach Ost und West drehbar. Die Beobachtungen können also nur an den Sternen ausgeführt werden, die gerade den Meridian passieren. Die Deklination ist vom Pol bis 30° südlich einstellbar. An der Achse ist nun ein großes, durch Streben versteiftes Gerüst befestigt, welches eine 18 m (54 Fuß) lange Schiene trägt, an deren Enden zwei Planspiegel von 37,5 cm (15 inches) unter 45° gegen die Schiene geneigt befestigt sind und durch lange Schrauben auf derselben bewegt werden können. Sie entnehmen aus der Wellenfront die zwei Stücke, werfen deren Licht parallel der Schiene auf zwei gleichartige Spiegel, die es dann dem Konkavspiegel zusenden. Dieser bringt die beiden Strahlen in seinem Focus (5 m = 15 Fuß) zur Deckung. An der Schiene ist der Beobachtungsplatz befestigt, von wo aus die ersten Spiegel so verstellt werden können, daß das Interferenzbild gerade verschwindet. Die Entfernung der Spiegel ist dann die gesuchte Distanz D .

Der ganze Apparat wird in einem Haus montiert, dessen Dach für die Beobachtung zur Seite gefahren werden kann. Dieses ungeheure Instrument ist auf

dem Mt. Wilson bereits im Bau, und man darf seiner Fertigstellung und den damit zu erzielenden Ergebnissen mit größten Erwartungen entgegensehen. Denn mit dem bisherigen kleineren Instrument gelang es bisher nur vier Sterne, Beteiguse, Arctur, Aldebaran und Antares auszumessen, während dem neuen Apparat etwa 30 Sterne, die größer als 4. Ordnung sind, zugänglich sein werden.

F. Stumpf.

Untersuchungen über die Bewegung in Spiralnebeln. In derselben Weise wie früher¹⁾ hat A. van Maanen zwei weitere Spiralnebel auf ihre innere Bewegung untersucht²⁾ und bei beiden wieder festgestellt, daß die Materie sich mit großer Wahrscheinlichkeit längs der Spiralarme nach außen bewegt. Bei dem Spiralnebel N. G. C. 2403 ist die Ausströmungsgeschwindigkeit im Innern des Nebels erheblich kleiner als in den äußeren Teilen; der jährliche Betrag der Geschwindigkeit steigt von 15 auf 40 tausendstel Bogensekunden nach außen hin an. Bei dem zweiten Nebel N. G. C. 4736 (= Messier 94) ist diese Erscheinung weit weniger ausgesprochen.

Die beobachteten Bewegungen sprechen wiederum dafür, daß die Spiralnebel dem engeren Bereich unseres Milchstraßensystems angehören und nicht diesem gleichgeordnete Systeme sind. Setzt man die beobachteten absoluten Strombewegungen der Größenordnung nach den spektrographisch gemessenen inneren Bewegungen gleich, so erhält man für die Spiralnebel Parallaxen von wenigen zehntausendstel Bogensekunden und Durchmesser von 10 bis 300 Lichtjahren. Zu ähnlichen Werten haben theoretische Untersuchungen von Jeans sowie auch die Annahme geführt, daß die Eigenbewegungen der Spiralnebel an der Sphäre von derselben Größe wie die beobachteten Radialbewegungen sind.

A. Kopff.

¹⁾ Vgl. Die Naturwissenschaften 10. Jahrg. S. 820, 1922.

²⁾ Astrophys. Journal Vol. 56, S. 200 u. 208, 1922, sowie Mount Wilson Contributions Nr. 242 u. 243.

Japanausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Ergänzung zu den Richtlinien vom 28. November 1922.

Die Erfahrungen, die bei der ersten Ausschüttung von Mitteln aus der Stiftung des Herrn Hajime Hoshi gemacht worden sind, geben Anlaß, die Richtlinien durch folgende Punkte zu ergänzen.

1. Es ist vorgekommen, daß an den Japanausschuß Anträge gestellt worden sind, die nicht erkennen ließen, ob die Aufgabe, um die es sich handelt, und die Ausgaben, die zu ihrer Erfüllung beabsichtigt sind, mit denen übereinstimmen, für die bereits an das Präsidium der Notgemeinschaft ein Antrag gerichtet worden ist. Zur Vermeidung von Doppelbewilligungen und ähnlichen Fehlgriffen muß der Japanausschuß sich fortan auf die Behandlung solcher Anträge beschränken, in welchen ausdrücklich gesagt ist, ob und welche anderen Anträge der Antragsteller im Laufe der letzten 12 Monate an die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft oder an den Japanausschuß gerichtet hat, welcher Bescheid darauf erfolgt ist und welche sachliche Beziehung zwischen dem älteren Antrag und dem neuen Antrag besteht.

2. Weder das Präsidium der Notgemeinschaft noch der Japanausschuß verfügen über die Kräfte für das nutzlose Schreibwerk, welches dadurch entsteht, daß die Antragsteller der Ziffer 6 der Richtlinien des Japanausschusses vom 28. November 1922 nicht entsprechen. Jeder Antrag wird fortan zurückgestellt, wenn er nicht die folgenden Angaben enthält:

a) Soll die ganze Summe oder ein bestimmter Teil derselben alsbald überwiesen werden?

b) Auf welches Bank- oder Postscheckkonto soll die Summe überwiesen werden?

Dasselbe gilt sinngemäß beim Abruf von Beträgen, die auf Wunsch des Antragstellers auf Abruf bereitgehalten werden. Auf Abrufe, die bis zum 8. eines jeden Monats eingehen, werden die Beträge im allgemeinen am 15., auf solche, die bis zum 22. eingehen, am Letzten des Monats zur Auszahlung gelangen.

Während der akademischen Ferien können einzelne Zahltag ausfallen. Wer gegen mögliche Verzögerung in der Erledigung des Abrufes während der akademischen Ferien gesichert sein will, möge vor den Ferien abrufen.

3. Bei aller Freiheit, die der Japanausschuß den Empfängern der Zuwendungen läßt, kann er es nicht für richtig ansehen, daß Gegenstände von bleibendem erheblichen Werte (teure Apparate, Platin usw.) in das private Eigentum des Forschers übergehen, dem die Bewilligung zuteil wird. Der Japanausschuß behält vielmehr der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft das Eigentum an diesen wertvollen Forschungsmitteln vor und knüpft an die Bewilligung die Verpflichtung, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft eine genaue Kennzeichnung der betreffenden Stücke zuzusenden und nach beendeter Be-

nutzung für die durch die Bewilligung unterstützte Forschungsaufgabe diese dauernd wertvollen Objekte zur Verfügung der Notgemeinschaft zu halten. Auch ist Vorsorge zu treffen, daß sie beim Ableben des Benutzers als Eigentum der Notgemeinschaft von seinem Privatbesitz und von dem Institutseigentum ohne weiteres unterschieden werden können. Der Ausschuß wünscht eine bürokratische Auslegung dieser Bestimmung vermieden zu sehen. Die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft soll nicht dadurch in die Lage versetzt werden, über eine Vielheit kleiner Geräte zu verfügen, die sie nicht auseinander suchen lassen und neu verteilen kann, sondern sie will lediglich einzelne besonders hochwertige Objekte festhalten, um sie nach erledigtem Gebrauch durch den Fachgenossen, dem sie bewilligt worden sind, anderen Fachgenossen für weitere Benutzung zu übergeben.

4. Der Ausschuß ersucht auf das dringlichste, die

Bemühungen der Notgemeinschaft zur verbilligten Beschaffung von Apparaten auszunutzen. Er wird diejenigen Anträge bei der Bewilligung bevorzugen, die die Zusage enthalten, daß der Antragsteller im Falle der Bewilligung wegen verbilligter Beschaffung von Apparaten und Material mit dem Präsidium der Notgemeinschaft in Verbindung treten wird. In Fällen, in denen diese Zusage nach Lage der Sache nicht in Betracht kommt, etwa weil die Hilfsmittel von dem Antragsteller selbst angefertigt werden, oder weil eine zufällig günstige Erwerbsgelegenheit ausgenutzt werden soll, oder in anderen Spezialfällen, wird der Ausschuß eine Erklärung des Sachverhaltes statt der erwähnten Zusage annehmen.

Berlin-Dahlem, den 26. Februar 1923.

Für den Japanausschuß der Notgemeinschaft

F. Haber.

O. Hahn.

Satzungen des Ausschusses zur Förderung des wissenschaftlich-medizinischen Nachwuchses.

(Hilfsausschuß der Rockefeller-Foundation.)

1. Grundsätzliche Bestimmungen.

a) Der Zweck der Beihilfen ist die Ausbildung und Förderung der neuen Generation auf dem Gebiete der Medizin und ihrer Nachbarwissenschaften.

b) Vorbedingung ist, daß die gewöhnliche Unterhaltung der Institute und Einzelpersonen nicht im Hinblick auf die im folgenden vorgesehenen Zuwendungen eingeschränkt werden darf. Auch darf die von der Rockefeller-Foundation geleistete Hilfe nicht in irgendeiner Weise zum Ersatz der finanziellen Unterstützung verwendet werden, die bisher von den Universitätsbehörden, einer Staatsregierung, dem Deutschen Reiche oder einer anderen hierzu verpflichteten Stelle bewilligt war.

c) Alle Beihilfen sind auf die Dauer eines Jahres beschränkt. Der Ausschuß hat indessen das Recht zur Wiedererneuerung. Anträge auf Verlängerung um ein weiteres Jahr müssen spätestens am 31. Mai dem Ausschuß vorliegen, sie sind mit kurzen Angaben über den Stand der Arbeiten, ihre geplante Fortsetzung und die voraussichtlichen Ergebnisse, ferner über solche Verhältnisse zu begleiten, die sich seit dem ersten Antrage geändert haben. Gegebenenfalls können mehrmals Verlängerungen bewilligt werden. Wechsel in Arbeitsstätte, Stellung und Arbeitsplan sind dem Ausschuß rechtzeitig vorher zu melden und bedürfen seiner Zustimmung, falls die Beihilfen ganz oder teilweise unter den veränderten Umständen weiter beansprucht werden.

d) Alle Bewilligungen, sowohl die für persönlichen Lebensunterhalt als auch die für Sachbeschaffungen sind von der deutschen Regierung als steuerfrei zu erklären.

Der Herr Reichsminister der Finanzen hat zugesagt, das Nötige zu veranlassen.

e) Empfänger von Fortbildungs- und Forschungsbeihilfen dürfen nicht zur Erledigung laufender Tagesarbeiten verwendet werden, sofern das nicht für ihre Ausbildung und Forschung unentbehrlich erscheint, oder zur Ersparnis von Assistenten, Professoren oder technischem Personal dienen, die für Lehre oder Forschung notwendig sind.

2. Umfang der Ausbildungs- und Fortbildungsbeihilfen.

Die Beihilfen sind auf folgende Gebiete der medizinischen Forschung und Lehre beschränkt:

I. Anatomie, Histologie, Embryologie und Biologie,

II. Physiologie, Physiologische Chemie, Pharmakologie, Chemie, Physik,

III. Pathologie, Bakteriologie, Immunologie, Hygiene,

IV. Klinische Medizin in ihrer Laboratoriumsarbeit.

Rein klinische Fortbildung und Forschung fallen als solche nicht in das Arbeitsgebiet des Ausschusses. Dagegen können wissenschaftliche Kräfte, die in den Laboratorien von Kliniken, Polikliniken, Krankenanstalten tätig sind, Beihilfen erhalten, sofern sie sich vornehmlich mit theoretischen Aufgaben chemischen, physikalischen, physiologischen, pathologischen Inhalts beschäftigen. Physik, Chemie und Biologie sollen nur insofern in Betracht kommen, als sie in Beziehung zur Medizin stehen.

3. Art der Beihilfen.

a) Fortbildungsbeihilfen werden jungen wissenschaftlichen Kräften zuteil, die noch nicht in der Lage sind, selbständige Arbeiten vorzulegen, aber nach dem Zeugnis akademischer Lehrer oder angesehener Forscher, unter deren Leitung sie gearbeitet haben, im Interesse der akademischen Lehre und Forschung auf dem Arbeitsgebiet des Ausschusses Förderung ihrer wissenschaftlichen Entwicklung verdienen. Die Bewerbung um solche Fortbildungsprämien muß demgemäß auf geeignete Zeugnisse gegründet werden, sofern nicht der Antrag, was in erster Linie zu empfehlen ist, unmittelbar durch den maßgeblichen akademischen Lehrer oder Forscher an den Ausschuß gestellt wird.

b) Forschungsbeihilfen werden auf Grund eingereichter wissenschaftlicher Publikationen an Bewerber bewilligt, die ihrem Lebensalter nach zum wissenschaftlichen Nachwuchs zählen, ohne bereits eine etatsmäßige Professur oder eine gleichgeordnete wissenschaftliche Stellung zu bekleiden. Die Bewerbung wird im allgemeinen von dem Bewerber selbst an den Ausschuß zu richten sein, sofern nicht im Antrag mitgeteilte Gründe die Vorlegung durch Dritte zweckmäßig erscheinen lassen. Zeugnisse zur Unterstützung der Bewerbung sind willkommen.

Jeder Antrag auf Gewährung einer Fortbildungs- oder Forschungsbeihilfe muß das Arbeitsziel und die Persönlichkeit des Bewerbers derart kennzeichnen, daß sich der Ausschuß ein Bild von den Aussichten machen kann, die sich an die Gewährung der Beihilfe knüpfen lassen. Auch muß aus dem Antrag hervorgehen, ob nur Mittel zur Deckung von Sachausgaben nötig sind oder

ob solche auch für die persönliche Lebensführung nach gesücht werden.

c) *Mittel zur Lebensführung.* Der Ausschuß bemißt die Mittel für die Lebensführung nach dem Grundsatz, daß der Empfänger einer Fortbildungsbeihilfe im Höchstfall mit einem planmäßigen Assistenten an einer deutschen Hochschule, der Empfänger einer Forschungsbeihilfe im Höchstfall mit einem beamteten Hochschul-lehrer des gleichen Lebensalters hinsichtlich seiner Be-soldung gleichgestellt werden soll. Angaben darüber, welchen Bruchteil der Bewerber von der Vergütung oder Besoldung eines gleichartigen planmäßigen Assistenten oder beamteten Professors etwa bereits aus anderer Quelle bezieht, sind deshalb in den Fällen, in denen Mittel für die Lebensführung beantragt werden, not-wendig, oder, wenn diese Mitteilung im einzelnen Falle untunlich erscheinen sollte, einem Angehörigen des Ausschusses vertraulich zur Kenntnis zu bringen.

Diesen Grundsätzen entsprechend ist der Antrag, soweit er den Lebensunterhalt des Bewerbers betrifft, in keinem Falle auf Gewährung eines befristeten Be-trages, sondern auf Bewilligung der vollen oder pro-zentualen Bezüge eines gleichartigen Assistenten oder Professors zu stellen.

d) *Mittel für Sachausgaben.* Geplante Sachausgaben sind im Antrage nur in Umrissen zu kennzeichnen. Es ist aber zu erläutern, in welchem Betrage oder ob gar keine Mittel aus anderen Quellen für die beabsich-tigte Forschung zu Gebote stehen. Einzelangaben können im allgemeinen entbehrt werden. Nur wenn die Anschaffung hochwertiger Apparate oder anderer kostbarer Forschungsmittel beabsichtigt ist, bedarf es der Einzelaufführung, einerseits zur Begründung der entsprechenden höheren Gesamtanforderung, andererseits weil der Ausschuß sich ganz allgemein vorbehält, über das Eigentum an beschafften Gegenständen nach be-endeter Benützung durch den Empfänger der Beihilfe Bestimmung zu treffen.

Bei allen Sachausgaben ist auf sparsame Verwen-dung der Beihilfen sorgfältig Bedacht zu nehmen. Die von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft geschaffene Einrichtung zum verbilligten Bezüge von Gegenständen des Forschungsbedarfes ist möglichst weitgehend zu benutzen.

Die Verwendung der Beihilfen zur Deckung allge-meiner Unkosten der Institute oder zur Entlastung der öffentlichen Stellen, die die Institute im arbeits-fähigen Zustande erhalten, ist unzulässig. In Zweifels-fällen ist nach Ziffer 5a zu verfahren.

Soweit die Beihilfen für Sachausgaben gewünscht werden, sind sie in amerikanischen Dollars zu bean-tragen.

e) *Leistung des Empfängers.* Wer in irgendeiner Form vom Ausschuß eine Beihilfe empfängt, übernimmt die Verpflichtung, dem Ausschuß je drei Sonder-abdrucke der Arbeiten zu übersenden, die er mit Hilfe der ihm bewilligten Mittel durchgeführt hat. Es bleibt jedem Empfänger überlassen, seinem Danke für die erhaltene Förderung nach seinem eigenen inneren Be-dürfnis angemessenen Ausdruck zu geben.

Sofern sich bei der wissenschaftlichen Arbeit ein nutzbar zu verwertendes Verfahren ergibt, verbleibt dieses uneingeschränkt Eigentum des Finders. Der Ausschuß erwartet indessen, daß der Unterstützte aus den ersten Gewinnen die erhaltene Summe — nach ihrer Kaufkraft und nicht nach ihrem Nennwert — zur weiteren Verwendung im Sinne dieser Richtlinien wiedererstattet.

Die Empfänger verpflichten sich durch ihre Unter-schrift zu sorgfältiger Innehaltung der in diesen Satzungen gegebenen Vorschriften.

Der Ausschuß verlangt im allgemeinen keine Rech-nungslegung. Er erwartet jedoch, daß die Empfänger die Belege über die zu Sachausgaben verwendeten Mittel aufbewahren, damit eine Übersicht über die veraus-gabten Summen möglich ist.

f) *Anträge zur Weiterleitung.* Außer den im vor-stehenden gekennzeichneten Anträgen nimmt der Aus-schuß entgegen:

α) Anträge auf Beihilfen für Reichsdeutsche zur Verwendung im Ausland,

β) Anträge auf Gewährung von Mitteln an Reichs-ausländer für Arbeiten in Deutschland,

γ) Anträge auf Bewilligung besonders großer oder für mehrere Jahre gewährleisteter Summen, die nicht den allgemeinen Bestimmungen über die Beihilfen ent-sprechen.

Die Anträge zu γ erfahren Berücksichtigung be-sonders dann, wenn sie in ausreichender Weise durch das Bedürfnis eines neuen zukunftsreichen Zweiges des vom Ausschuß bearbeiteten Gesamtgebietes begründet sind. Derartige Anträge zu α bis γ leitet der Aus-schuß, falls er sie nach ihrer Begründung zu befür-worten in der Lage ist, an die zuständige Stelle weiter.

4. Auswahl der Empfänger von Fortbildungs- und Forschungsbeihilfen.

a) Ausbildungs- und Forschungsbeihilfen werden von einem Ausschuß von sechs Gelehrten bewilligt. Das eine Mitglied, der Vorsitzende, ist der Vertreter der *Rockefeller-Foundation*, ferner soll mit beratender und ohne beschließende Stimme ein Vertreter von der *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* in den Ausschuß entsandt werden.

b) Der Ausschuß hat das Recht, die Bewerber aus-zuwählen und jedem seine bestimmte Beihilfe zu be-willigen.

c) Die *Rockefeller-Foundation* hat zu Mitgliedern des Ausschusses

Geheimrat Professor Dr. v. Frcy, Würzburg,

Geheimrat Professor Dr. Matthes, Königsberg,

Professor Dr. Poll, Berlin,

Professor Dr. Versé, Berlin,

Geheimrat Professor Dr. Willstätter, München,

und zum Vorsitzenden Professor Dr. Selskar M. Gunn, Paris, ernannt.

Die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft hat als ihren Vertreter Herrn Geheimrat Professor Dr. Haber, Berlin-Dahlem, in den Ausschuß entsandt.

5. Schlußbestimmungen.

a) Fragen und Schwierigkeiten, die sich aus den vorstehenden Satzungen ergeben, sind dem Schrift-führer des Ausschusses unverzüglich zur Kenntnis zu bringen.

b) Alle Zuschriften sind an den Schriftführer des Ausschusses Professor Dr. Poll, Berlin NW 40, Hin-derstraße 3, zu richten.

Berlin, den 4. Februar 1923.

Der Ausschuß:

Selskar M. Gunn, Vorsitzender.

Poll, Schriftführer,

v. Frcy, Matthes, Versé, Willstätter, Mitglieder.

Haber, Vertreter der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 12. (Seite 213—236.)

23. März 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Erklärung für das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper. Von *Jacques Loeb*, New York. (Mit 3 Abbildungen.) S. 213.

Über Wachstum. Von *E. Stettner*, Erlangen. (Mit 3 Abbildungen.) S. 221.

Interferenzmethode zur Prüfung optischer Systeme. Von *E. Bratke*, Berlin, und *E. Waetzmann*, Breslau. (Mit 16 Abbildungen.) S. 225.

Besprechungen:

Lenard, P., Über Äther und Uräther. Von *H. Thirring*, Wien. S. 228.

Wien, W., Die Relativitätstheorie vom Standpunkte der Physik und Erkenntnistheorie. Von *Friedrich Kottler*, Wien. S. 230.

Neumann, E. R., Vorlesungen zur Einführung in die Relativitätstheorie. Von *Friedrich Kottler*, Wien. S. 231.

Kopff, August, Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. 2. Auflage. Von *M. v. Laue*, Berlin. S. 231.

Wiener, O., Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im Äther. Von *Friedrich Kottler*, Wien. S. 231.

Metallographische Mitteilungen. S. 232—234.
Struktur der Eutektika. (Mit 2 Abbildungen.)
Rekristallisation und Diffusion: Beeinflussung der Unterkühlung durch Deformation.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 234—236.
Birds and mammals of the Stikine river region of northern British Columbia and southern Alaska. Von *Biber* an der Elbe. Gab es schon vor Helmholtz einen Augenspiegel? Über den Grad der Genauigkeit von Messungen an stereoskopischen Röntgenbildern nach der Methode von Hasselwander.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Chemiker - Kalender 1923

Ein Hilfsbuch

für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle,
Pharmazeuten, Hüttenmänner usw.

Begründet von Dr. **Rudolf Biedermann**

Neu bearbeitet von Professor Dr. **Walther Roth**,
Braunschweig, Technische Hochschule

In zwei Bänden — 44. Jahrgang

Mit Textabbildungen

Gebunden G. Z. 9

Soeben erschien:

Pharmazeutischer Kalender 1923

Herausgegeben von **Ernst Urban**

In drei Teilen Zweiundfünfzigster Jahrgang

63. Jahrgang des Pharmazeutischen Kalenders
für Norddeutschland)

- I. Teil: **Pharmazeutisches Taschenbuch**
- II. Teil: **Pharmazeutisches Handbuch**
- III. Teil: **Pharmazeutisches Adreßbuch**

I und II Teil gebunden;
III Teil geheftet

Preis M. 8000.—

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 1200.— M. für März 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 300.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 2020 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Volksernährung. Veröffentlichungen aus dem Tätigkeitsbereiche des Reichsministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Herausgegeben unter Mitwirkung des Reichsausschusses für Ernährungsforschung.

I. Heft: **Das Brot.** Von Professor Dr. med. et phil. **R. O. Neumann**, Geh. Medizinalrat, Direktor des Hygienischen Instituts der Universität Bonn. (II, 114 S.) 1922. G. Z. 1,4

II. Heft: **Nahrungsstoffe mit besonderen Wirkungen.** Unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung bisher noch unbekannter Nahrungsstoffe für die Volksernährung. Von Professor Dr. med. et phil. h. c. **Emil Abderhalden**, Geh. Medizinalrat, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. (26 S.) 1922. G. Z. 0,3

III. Heft: **Fette und Öle in der Ernährung.** Von Professor Dr.-Ing. Dr. phil. **Heiduschka**, Direktor des Laboratoriums für Lebensmittel- und Gärungsschemie der Technischen Hochschule Dresden. (34 S.) 1923. G. Z. 0,6

IV. Heft: **Unsere Lebensmittel vom Standpunkt der Vitaminforschung.** Wird voraussichtlich die weitere Erforschung der physiologischen Bedeutung der Vitamine die bisherige Herstellung, Zubereitung und Beurteilung der Lebensmittel wesentlich beeinflussen? Von Professor Dr. phil. **A. Juckenack**, Geheimer Reg.-Rat, Ministerialrat im Preuß. Ministerium für Volkswohlfahrt, Direktor der staatlichen Nahrungsmittel-Untersuchungsanstalt Berlin. (50 S.) 1923. G. Z. 0,8

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Fachgemeinschaft der Deutschen Hochschullehrer der Physik.

Bei der Ergänzungswahl zum Ausschuss erhielten der Reihe nach die meisten Stimmen:

Himstedt	Gehrcke
Konen	Gerlach
Krüger	Gudden
Busch	Schäfer
Schäfer	Rau

außerdem war noch eine größere Anzahl zersplittert. Die ersten fünf sind demnach gewählt, und der neue Ausschuss besteht aus: Busch-Jena, Himstedt-Freiburg, Konen-Bonn, Krüger-Greifswald, Schäfer-Marburg, Wiener-Leipzig, Zenneck-München.

Der Ausschuss hat Zenneck zum Vorsitzenden, Krüger zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Von jetzt ab sind daher alle Mitteilungen, Anfragen usw. an Prof. J. Zenneck, München, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, zu richten.

Der Unterzeichnete bittet diejenigen Mitglieder, welche ihren Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1922 noch nicht bezahlt haben, 100 Mark an das Konto des Physikalischen Instituts bei der Bank von Thüringen in Jena zu überweisen.

Der bisherige Vorsitzende des Ausschusses
M. Wien.

Die Erklärung für das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper¹⁾.

Von Jacques Loeb, New York.

(Rockefeller-Institut für medizinische Forschung.)

I.

Die lebendige Substanz ist ihrem Wesen nach kolloidaler Natur; wir können uns einen nur aus Kristalloiden bestehenden Organismus nicht recht vorstellen. Diese Tatsache führt zu der Ansicht, daß bestimmte Charakteristica des kolloidalen Zustandes Lebenserscheinungen bedingen oder wenigstens unentwirrbar mit ihnen verknüpft sind. Das systematische Studium des Wesens echter Lebenserscheinungen sollte demnach auf eine wissenschaftliche Theorie des Verhaltens kolloidaler Substanzen gegründet werden. Eine wissenschaftliche Theorie besteht jedoch nach unserer Auffassung nicht aus Spekulationen oder bloßen Vermutungen, die sich auf qualitative oder womöglich gar keine Experimente gründen, vielmehr wollen wir darunter die Herleitung der Ergebnisse aus rationalen, mathematischen Formeln verstehen, die mit adäquater Genauigkeit quantitative Bestimmung kolloidaler Eigenschaften gestattet.

Die Eiweißkörper sind amphotere Elektrolyte, die sowohl mit Säuren wie mit Basen Salze bilden können. Mit Alkalien entstehen Salze wie Na- oder Ca-Proteinat usw., mit Säuren Verbindungen wie Protein-Chlorid-Sulfat usw. Ob das Eiweiß als Anion oder Kation auftritt, hängt von der Wasserstoffionenkonzentration der Lösung ab. Nun gibt es eine bestimmte Wasserstoffionenkonzentration, bei der ein Eiweißkörper sich nennenswert weder mit Säure noch mit Alkali verbinden kann, und diese Wasserstoffionenkonzentration nennt man seinen isoelektrischen Punkt. Seine Lage ist spezifisch für jeden Eiweißkörper, z. B. liegt er (in der Sprache Soerensens, wobei der negative Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration angegeben wird) bei Gelatine und Kasein bei einem p_H von 4,7, bei kristallisiertem Eieralbumin bei $p_H = 4,8$. Gelatine kann sich ausschließlich oder so gut wie ausschließlich nur dann mit Säure verbinden, wenn das p_H kleiner als 4,7 ist, mit Alkali nur bei höherem p_H . Oder in anderen Worten: Wenn man ein Salz wie $NiCl_2$ zu einer Gelatine-Lösung bringt, bildet sich Ni-Gelatinat nur dann, wenn das p_H größer ist als 4,7, und nach Zusatz von $K_4Fe(CN)_6$ entsteht die Verbindung mit dem

Ferrocyanion nur bei einem p_H , das kleiner als 4,7 ist. Daß dies der Fall ist, kann man mittels gewisser Methoden zeigen, die ich in meinem letzten Buch besprochen habe¹⁾.

Der Beweis dafür, daß Eiweißkörper sich stöchiometrisch mit Säuren und Basen verbinden, kann durch Titrationskurven erbracht werden. Hierzu (und vielleicht ganz allgemein für alle Arbeiten über das Eiweißgebiet) muß man als Standardausgangsmaterial ein Eiweiß mit dem p_H seines isoelektrischen Punktes wählen. Wir haben gesehen: Eiweißkörper verbinden sich mit Säuren nur bei einem p_H , das kleiner ist als der isoelektrische Punkt, der bei Gelatine oder Kasein bei $p_H = 4,7$, und bei kristallisiertem Eieralbumin bei $p_H = 4,8$ liegt. Bei einem p_H unter 4,7 dissoziieren die schwachen zwei- und dreibasischen Säuren wie eine einbasische. Unter solchen Bedingungen liefert also H_3PO_4 , H^+ , und das einwertige Anion $H_2PO_4^-$. Verbinden sich also die Säuren stöchiometrisch mit isoelektrischem Eiweiß, so sollte man glauben, dreimal so viel ccm einer 0,1 n (normal) H_3PO_4 als von einer 0,1 n Salzsäure oder Salpetersäure gebrauchen zu müssen, um eine 1proz. Lösung des isoelektrischen Eiweißes, etwa von Gelatine oder Eieralbumin oder Kasein auf dieselbe höhere Wasserstoffionenkonzentration von sagen wir $p_H = 3,0$ zu bringen. Dies ist wirklich der Fall. Anders liegen die Verhältnisse bei der Schwefelsäure. Sie spaltet als starke Säure beide Wasserstoffionen auch bei $p_H < 4,7$ ab, und man sollte gleich viel 0,1 n Schwefelsäure wie Salzsäure gebrauchen, um eine 1proz. Lösung eines isoelektrischen Eiweißes auf dasselbe p_H von etwa 3,0 zu bringen. Und auch das hat sich als richtig herausgestellt. Fig. 1 zeigt die Titrationskurven für kristallisiertes Eiereiweiß mit vier Säuren, HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 und Oxalsäure. 1 g des isoelektrischen Eiweißes befand sich in 100 ccm Wasser, das mit verschiedenen Mengen der 0,1 n-Säuren versetzt war. Die Zahlen der ccm der 0,1 n-Säure in 100 ccm Lösung sind die Ordinaten der Kurven, die Abszissen sind die p_H , welche die Eiweißlösungen nach der Zufuhr der Säure annahmen. Man muß jedesmal genau dreimal soviel ccm 0,1 n H_3PO_4 wie 0,1 n Salzsäure oder Schwefelsäure nehmen, um 1 g des isoelektrischen Eiweißes in einem Volumen von 100 ccm auf dasselbe p_H zu bringen. Um die 1proz. Lösung des ursprünglich isoelektrischen Albumins auf ein p_H von 3,2 zu bringen, müssen die 100 ccm Lösung 5 ccm 0,1 n Salz- oder Schwefelsäure und

¹⁾ Die Schriftleitung verdankt die Übersetzung aus dem Original Herrn Dr. van Ewcyk, Berlin. Pathologisches Institut der Charité.

¹⁾ Loeb, J., Proteins and the theory of colloidal behavior, New York and London 1922.

15 ccm 0,1 n Phosphorsäure enthalten. Um das- selbe Eiweiß auf $p_H = 3,4$ zu bringen, braucht man 4 ccm 0,1 n Salz- oder Schwefelsäure und 12 ccm 0,1 n Phosphorsäure usw. Oxalsäure ist nach *Hildebrand* bei $p < 3,0$ einbasisch, spaltet aber das zweite Wasserstoffion um so leichter ab, je mehr das p_H über 3,0 anwächst.

Die Titrationskurven zeigen, daß man etwa doppelt soviel 0,1 n Oxalsäure wie Salzsäure braucht, um unsere Lösung aus isoelektrischem Eiweiß auf dasselbe $p_H < 3,0$ zu bringen, wäh- rend weniger als zweimal soviel 0,1 n Oxalsäure zur Herstellung einer Reaktion von $p_H > 3,0$ gebraucht wird, als Salzsäure hierzu notwendig wäre.

In der gleichen Weise kann mit Hilfe von Titrationskurven gezeigt werden, daß das isoelek- trische Eiweiß mit Alkalien sich in derselben Weise nach stöchiometrischen Gesetzen verbindet, wie irgendeine schwache Säure, etwa Essig- säure, sich mit demselben Alkali verbinden

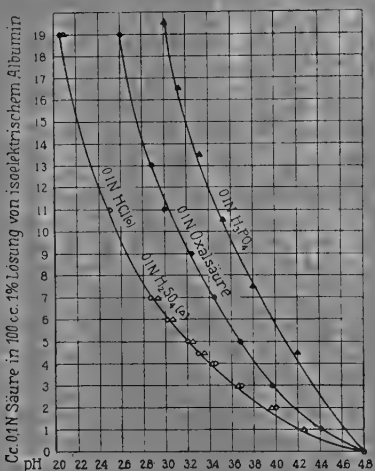


Fig. 1. Titrationskurven für kristallisiertes Eiereiweiß mit Salzsäure, Schwefelsäure, Oxalsäure, Phosphorsäure.

würde. Wenn die Zahl der ccm der 0,1 n Kali- Natronlauge, Kalk- oder Barytwasser in dem- selben Volumen von 100 ccm, die erforderlich sind, um die 1proz. Lösung des isoelektrischen Eiweißes auf das gleiche p_H zu bringen als Or- dinaten, die dazugehörigen p_H der Eiweiß- lösungen als Abszissen abgetragen werden, findet man, daß die Werte für alle vier Alkalien auf einer Kurve liegen, wie man es auch erwarten mußte, wenn die Verbindung streng nach stöchio- metrischen Regeln zusammengesetzt ist.

Die gleichen für das Vorliegen stöchio- metrischer Beziehungen sprechenden Ergebnisse konnten ebenfalls mit Kasein und Gelatine durch den Verfasser und mit Edestin und Serum- globulin von *Hitchcock* erzielt werden. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß gleiche Beziehungen für alle Eiweißkörper gefunden werden. Hier- aus geht hervor: Die Eiweißkörper reagieren mit Säuren und Basen genau wie amphotere Kristal- loide, z. B. wie die Aminosäuren. Wenn die

Kolloidchemiker die Methode der Wasserstoff- ionenkonzentrationsbestimmung auf ihre Eiweiß- lösungen angewendet hätten, wäre niemand auf den Gedanken gekommen, daß Eiweißreaktionen mit Säuren und Basen an Stelle einer stöchio- metrischen Regel der empirischen Adsorptions- isotherme *Freundlichs* folgen.

Der rein chemische Charakter der Verbin- dung von Eiweißkörpern mit Salzsäure ergibt sich auch, wenn man das Chlorpotential in Lösungen von Proteinchloriden bestimmt. Nach der Wernerschen Anschauung werden beim Zu- satz von Salzsäure zu einer NH_3 -Lösung die H-Ionen der Salzsäure von dem Ammoniakstick- stoff gefesselt, die Cl-Ionen bleiben unbeeinflußt. Derselbe Reaktionstypus ergibt sich beim Zusatz von Salzsäure zu einer isoelektrischen Gelatine- lösung. Dies ergab sich aus Messungen des Chlorpotentials in Lösungen von isoelektrischer Gelatine. Die 1proz. Lösungen der ursprüng- lichen isoelektrischen Gelatine enthielten ver- schiedene Mengen 0,1 n HCl in je 100 ccm. Das p_H der Lösungen wurde mit der Wasserstoff- elektrode und das p_{Cl} mit der Silberchlorid- elektrode jeweils bestimmt. Es stellte sich her- aus, daß die Gelatine ohne Einfluß auf das p_{Cl} war, während das p_H natürlich höher gefunden wurde, und so ergab sich, daß ein Teil des Wasserstoffs sich mit den NH_2 - und NH -Gruppen des Eiweißmoleküls verbindet, das Chlor dagegen freibleibt (Tabelle 1). Dr. *Hitchcock* hat ähn- liche Resultate mit kristallisiertem Eialbumin, Edestin, Kasein und Serumglobulin erhalten; man kann als festgestellt annehmen, daß diese Ergebnisse für die meisten, wenn nicht für alle Eiweißkörper gelten.

Tabelle 1.

n/10 HCl pro 100 ccm Lösung in ccm	Lösung ohne Gelatine		Lösung von 1 g isoelektrischer Gelatine in 100 ccm	
	p_H	p_{Cl}	p_H	p_{Cl}
2	2,72	2,72	4,2	2,68
3	2,52	2,54	4,0	2,53
4	2,41	2,39	—	—
5	2,31	2,29	3,60	2,33
6	2,24	2,26	3,41	2,25
7	2,16	2,18	3,23	2,18
8	2,11	1,12	3,07	2,11
10	2,01	2,01	2,78	2,025
15	1,85	1,85	2,30	1,845
20	1,27	1,76	2,06	1,76
30	1,55	1,59	1,78	1,60
40	1,43	1,47	1,61	1,47

Noch eine andere Tatsache geht aus den Titrationskurven hervor: Die Salze der Eiweiß- körper sind weitgehend hydrolytisch gespalten. Wenn wir eine Säure, etwa HCl, zu isoelek- trischem Eiweiß geben, so verbindet sich ein Teil der Säure mit dem Eiweiß unter Bildung von Proteinchlorid, der Rest der Säure bleibt

frei. So bildet sich dann ein Gleichgewicht aus zwischen freier Salzsäure, Proteinchlorid und nichtionisiertem (isoelektrischem) Eiweiß. Je mehr Säure man zu dem ursprünglich isoelektrischen Eiweiß zusetzt, um so mehr Proteinchlorid bildet sich, bis schließlich die gesamte Eiweißmenge als Proteinchlorid vorliegt. Man kann durch p_H -Messungen die Menge der freien Säure feststellen und dann durch eine einfache Rechnung erfahren, wieviel davon sich mit dem Eiweiß verbunden hat. Durch Sättigung der Eiweißlösung mit Säure kann das Verbindungsgewicht des Eiweißes mit Säure gefunden werden. So fand Hitchcock, daß das Verbindungsgewicht der Gelatine um 1090 herum liegt.

II.

Das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper zeigt sich in der besonderen Wirkung der Elektrolyte — Säuren, Basen oder Salze — auf Eigenschaften, wie die Quellung von Eiweißgelen oder den osmotischen Druck oder die Viskosität, sie werden von Elektrolyten in sehr ähnlicher Weise beeinflusst, so daß man sie alle wahrscheinlich auf dieselbe Ursache zurückführen kann. Wir werden, wenn wir eine von diesen Erscheinungen, nämlich den osmotischen Druck erklären, damit implizite auch die übrigen Eigenschaften verständlich machen.

Es wurde der osmotische Druck in Eiweißlösungen (von Gelatine, kristallisiertem Eieralbumin, Kasein und Edestin) bestimmt, welche in 100 ccm 1 g trockenes isoelektrisches Eiweiß und wechselnde Mengen 0.1 n Säure enthielten. Die Lösungen wurden in Kollodiumsäcke eingebracht und diese in eine eiweißfreie Außenflüssigkeit gehängt, die bei Beginn des Versuchs auf das p_H der dazugehörigen Eiweißlösung gebracht war. Die zu diesem Zweck verwendete Säure war natürlich die gleiche wie die in der Innenflüssigkeit enthaltene. 18 Stunden später wurde nach Einstellung des Gleichgewichtes der osmotische Druck bestimmt. Er hing in einer charakteristischen Weise von dem p_H der Eiweißlösung und von der Valenz des Säureanions ab. Dies zeigen die Kurven der Fig. 2, die sich auf Gelatinelösungen beziehen. Bei anderen Eiweißkörpern, wie Eiereiweiß, Kasein oder Edestin, erhält man gleiche Kurven. Diese Kurven zeigen, daß der osmotische Druck einer Eiweißlösung im isoelektrischen Punkt des Eiweißkörpers ein Minimum hat, daß er bei wenig mehr Säure sich sukzessive zu einem Maximum erhebt und daß weiterer Zusatz von Säure ihn wieder vermindert. Die Kurven zeigen weiter, daß nur die Valenz und nicht die Natur des Säureanions den osmotischen Druck einer Eiweißlösung beeinflusst. Wir können aus den Titrationskurven ablesen, daß bei der Phosphorsäure das mit dem Eiweiß verbundene Anion nicht PO_4^{---} , sondern einwertiges $H_2PO_4^-$ ist, und die Kurven der Fig. 2 zeigen auch, daß der Einfluß der Phosphor- und der Salzsäure auf

den osmotischen Druck der gleiche ist, wenn man ihn auf das gleiche p_H der Eiweißlösungen bezieht. Wir sehen weiter, daß der absteigende Ast der Kurve der Oxalsäure, die bei $p_H < 3$ als einbasische Säure auftritt, praktisch mit dem absteigenden Ast der Salzsäurekurve zusammenfällt. Die Kurve, die den Einfluß der Schwefelsäure darstellt, ist nur etwa halb so hoch wie die der Salzsäure. Und wir haben aus den Titrationskurven ersahen, daß das Anion des Proteinsulfats zweiwertig ist. Man hat gefunden, daß alle einbasischen Säuren, Bromwasserstoff, Salpetersäure, Essigsäure usw. und alle schwachen zwei- oder dreibasischen Säuren, etwa Wein-, Malon-, Zitronensäure, die bei $p_H > 3.7$ wie einbasische Säuren dissoziieren, die gleichen Kurven liefern wie Salzsäure und Phosphorsäure. Wir können daraus schließen, daß nur die Valenz und nicht die Natur der Säure den osmotischen Druck von Eiweißlösungen beeinflusst, daß ferner auf

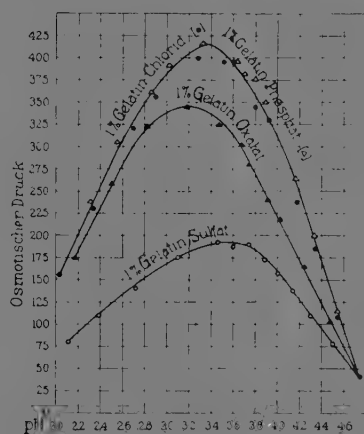


Fig. 2. Änderung des osmotischen Druckes der Eiweißlösungen unter dem Einfluß von Säuren. Der osmotische Druck hängt ab von dem p_H der Eiweißlösung und der Valenz des Säureanions.

der sauren Seite des isoelektrischen Punktes eines Eiweißes die als einbasisch auftretenden Säuren den osmotischen Druck in der gleichen Weise wie Salzsäure beeinflussen und daß schließlich dieser Einfluß beträchtlich größer ist als der der starken zweibasischen Säuren, wie Schwefelsäure.

Wenn man Alkali zu einer isoelektrischen Proteinlösung gibt, so vermindert man, wie man zeigen kann, wenig Alkali den osmotischen Druck, bei weiterem Zusatz kommt nach der Überschreitung eines Maximums allmählich wieder eine Senkung desselben zustande. Alle einwertigen alkalischen Kationen wie Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ beeinflussen das p_H in derselben Weise; für die zweibasischen Ionen gilt dasselbe, nur liegt bei Verwendung von Ca^{++} oder Ba^{++} die Kurve der Alkaliwirkung nur etwa halb so hoch als die der Wirkung der einwertigen Alkalien.

Was schließlich die Salze anlangt, so besteht die von Lillie gefundene Tatsache zu Recht, daß

sie den osmotischen Druck einer Proteinlösung stets verringern.

Die Säure- und Salzkurven des osmotischen Druckes von Eiweißlösungen sind den Kurven, welche den Einfluß derselben Säuren und Salze auf Quellung und Viskosität darstellen, sehr ähnlich. Diese Ergebnisse sind für den kolloidalen Zustand charakteristisch und jede Theorie darüber muß imstande sein, solche Kurven nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ zu erklären.

Zsigmondy hat angenommen, daß der Einfluß von Säuren auf den osmotischen Druck auf einer Änderung der Dispersität des in Lösung befindlichen Eiweißes beruht; da man aber diesen Dispersitätsgrad nicht exakt messen kann, bedeutet diese Annahme nur eine Spekulation, denn sie gibt keine Erklärung dafür, daß Viskosität und Quellung sich ähnlich wie der osmotische Druck ändern. Die richtige Erklärung ist folgende: Setzt man Säure oder Alkali zu einer isoelektrischen Eiweißlösung, so wird je nach der zugesetzten Menge aus einem größeren oder kleineren Teil des Eiweißes ein ionisiertes Proteinsalz. Diese Ionisation bedingt die Besonderheiten des kolloidalen Verhaltens wegen der Unfähigkeit der Proteinionen, durch Membranen zu diffundieren, die von Kristalloiden leicht durchwandert werden, etwa Kollodium- oder Pergamentmembranen oder die Wände von Blutkapillaren oder wahrscheinlich auch die Membranen aller Zellen. Nun hat *Donnan* gezeigt, daß sich eine ungleiche Verteilung diffusibler, kristalloider Ionen auf beiden Seiten einer Membran einstellt, wenn die Diffusion der einen Ionenart, wie bei den kolloidalen Ionen, durch die Membran gehindert ist, während die kristalloiden Ionen ungehindert passieren. Diese ungleiche Verteilung der diffusiblen Ionen ist der Grund für das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper.

III.

Wenn man einen Kollodiumsack mit einer Gelatine-Chlorid-Lösung von $p_H = 3,0$ füllt und diesen Sack in eine rein wässrige Salzsäurelösung mit dem gleichen p_H von 3,0 eintaucht, so wandert Säure aus der Eiweißlösung in die eiweißfreie Außenflüssigkeit. Der Grund für diese ungleiche Verteilung der entgegengesetzt geladenen Ionen auf den beiden Seiten der Membran ist die Tatsache, daß die Membran wohl den H^+ - und Cl^- -Ionen, aber nicht den Eiweißionen den Durchgang gestattet. *Donnan* hat auf Grund der Prinzipien der Thermodynamik gezeigt, daß, wenn osmotisches Gleichgewicht eingetreten ist, die Produkte der Konzentrationen der entgegengesetzt geladenen diffusiblen Ionen, etwa H^+ und Cl^- in unserem Beispiel, auf beiden Seiten der Membran gleich sind. Wenn x die molare Konzentration der H^+ - und Cl^- -Ionen in der Außenflüssigkeit, y die molare Konzentration der freien H^+ - und Cl^- -Ionen in der Eiweißlösung und z die Konzentration der Chlorionen, die mit dem Protein verbunden sind, bedeutet, so wird das Gleich-

gewicht bestimmt durch die folgende Gleichung, die zuerst von *Procter* und *Wilson* zur Erklärung des Einflusses von Säure auf die Quellung angegeben wurde:

$$x^2 = y(y + z) \quad (1)$$

Wenn man den Einfluß der Wirkung von Säuren, Alkalien und Salzen auf den osmotischen Druck der Eiweißlösungen erklären will, muß man vorher untersuchen, ob die Änderungen des osmotischen Druckes unter dem Einfluß von Säuren (vgl. Fig. 2) einhergeht mit entsprechenden Unterschieden der Konzentration der diffusiblen Ionen in der Innen- und Außenflüssigkeit und ob diese Unterschiede aus der *Donnanschen* Gleichung (1) errechnet werden können.

Der Verfasser konnte feststellen, daß diese Beziehung in der Tat besteht, wenn man nämlich eine Eigenschaft der Eiweißlösungen, die so gut wie keine Beachtung in der Kolloidchemie gefunden hat, exakt bestimmt, nämlich die Membranpotentiale, die zwischen einer Eiweißlösung und der wässrigen Außenflüssigkeit bei osmotischem Gleichgewicht herrschen.

Wenn man die *Donnansche* Gleichung folgendermaßen schreibt:

$$\frac{x}{y} = \frac{y + z}{x}$$

so ist $\frac{x}{y}$ das Maß des molaren Überschusses an Wasserstoffionen in bezug auf die Wasserstoffionenkonzentration in der Innenflüssigkeit und $\frac{y + z}{x}$ ein Maß für den molaren Überschuß der Chlorionen in der Innenflüssigkeit in bezug auf die Chlorionenkonzentration der Außenflüssigkeit. *Donnan* zeigte, daß zwischen den Lösungen innen und außen eine Potentialdifferenz vorhanden sein müßte, die bei $24^\circ C$ den Betrag von $59 \times \log \frac{x}{y}$ Millivolt oder $59 \times \log \frac{y + z}{x}$ Millivolt

hat. $\log \frac{x}{y}$ ist gleich dem p_H der Innenflüssigkeit minus dem p_H der Außenflüssigkeit. Das p_H der beiden Flüssigkeiten kann man leicht mit Wasserstoffelektroden bestimmen; $\log \frac{y + z}{x}$ ist gleich dem p_{Cl} der Außenflüssigkeit minus dem p_{Cl} der Innenflüssigkeit, und diese Größen können durch Titration oder mit Silberchloridelektroden bestimmt werden. Man kann nun andererseits die Potentialdifferenz zwischen der Eiweißlösung und der Außenflüssigkeit an einer Kollodiummembran direkt mit zwei identischen indifferenten Calomelektroden (und gesättigter Chlorkaliumlösung) unter Verwendung eines Comptonelektrometers bestimmen. Wenn die ungleiche Verteilung der diffusiblen kristalloiden Ionen (z. B. H^+ und Cl^- bei Gelatinechlorid) auf beiden Seiten der Membran wirklich durch die *Donnansche* Gleichung bestimmt ist, dann muß die Potentialdifferenz, die man direkt mit den identischen Calomelektroden

feststellt, gleich der Potentialdifferenz sein, die man in Millivolt erhält aus der Beziehung 59 (p_{H} innen — p_{H} außen) oder 59 (p_{Cl} außen — p_{Cl} innen). Die Werte für p_{Cl} oder p_{H} können durch Titration oder durch geeignete elektrometrische Verfahren bestimmt werden. Der Verfasser hat solche Messungen angestellt und hat gefunden, daß bei Zusatz verschieden großer Säuremengen zu isoelektrischen Eiweißlösungen — z. B. von kristallinischem Eiereiweiß oder Gelatine oder Kasein — dann das gefundene Membranpotential immer mit dem aus der Donnanschen Gleichung berechneten Wert auf 1—2 Millivolt genau, i. h. innerhalb der Fehlergrenzen, übereinstimmt. Aus diesen ausgedehnten Messungen von Membranpotentialen ergibt sich erstens, daß eine Eiweißlösung in einem Kolloidumsäckchen, welches Eiweißionen nicht, wohl aber kristalloide Ionen durchläßt, bei osmotischem Gleichgewicht mit einer wässrigen Außenflüssigkeit diese Außenflüssigkeit die kristalloiden Ionen in anderer Konzentration als die Innenflüssigkeit enthält und zweitens, daß der Unterschied der Konzentrationen aus Donnans Gleichung über das Gleichgewicht errechnet werden kann.

IV.

Wir sind jetzt in der Lage, die Kurven des osmotischen Druckes in der Figur 2 zu erklären. Die Kolloidchemiker würden es als erwiesen ansehen, daß diese Kurven durch den Einfluß der Säuren auf den Dispersitätsgrad oder durch irgendeine andere wirkliche oder imaginäre Eigenschaft des Eiweißkolloids bedingt sind. Bevor wir solchen Ideen nachgehen dürfen, müssen wir uns vor Augen halten, daß diese Kurven, die den beobachteten osmotischen Druck wiedergeben, nicht ausschließlich der Ausdruck für den osmotischen Druck der Proteinteilchen oder Proteinmoleküle und Proteinionen allein sind, sondern außerdem noch hervorgerufen werden durch die leicht nachweisbaren ungleichen Konzentrationen der kristalloiden Ionen auf beiden Seiten der Membran, entsprechend einer Donnanschen Gleichung. Mit anderen Worten: Wir müssen an dem gemessenen osmotischen Druck einer Eiweißlösung auf Grund des Donnanschen Gleichgewichts eine Korrektur anbringen, bevor wir Hypothesen über die Ursache der Säurewirkung aufstellen können. Zu diesem Zweck wollen wir den Betrag dieser Korrektur bestimmen. Wir beginnen bei der Kurve, die den Einfluß der Salzsäure auf den osmotischen Druck einer 1prozentigen Lösung von ursprünglich isoelektrischer Gelatine darstellt, und wir wollen nun überlegen, wie sich die Ionen in der Eiweißlösung und in der Außenflüssigkeit bei osmotischem Gleichgewicht verteilen und nehmen an, daß die Elektrolyten völlig dissoziiert sind, sowohl Gelatinechlorid wie Salzsäure. a sei die molare Konzentration der Eiweißmoleküle und Ionen, z die der mit dem ionisierten Protein verbundenen Cl-Ionen, y die molare Konzentration der Wasser-

stoffionen der freien Salzsäure in der Innenflüssigkeit und ebenfalls y die molare Konzentration der Chlorionen dieser Salzsäure. In diesem Fall ist der osmotische Druck der Eiweißlösung durch folgenden Ausdruck bestimmt:

$$a + 2y + z.$$

Hiervon müssen wir nun den osmotischen Druck der Salzsäure der Außenflüssigkeit abziehen. Wenn x die molare Konzentration der H^+ der Außenflüssigkeit ist, so ist dies gleichzeitig die Konzentration der Cl. Daraus folgt als osmotischer Druck einer Eiweißlösung der Ausdruck:

$$a + 2y + z - 2x.$$

Die Figur 3 zeigt, wie sich dieser Wert als Funktion der p_{H} der Eiweißlösung (d. h. y) ändert. Wenn man nun zu einer Theorie über den Einfluß der Salzsäure auf den osmotischen Druck einer Eiweißlösung gelangen will, so muß man zunächst den Wert des Ausdrucks $2y + z - 2x$ berechnen und ihn von dem beobachteten osmotischen Druck der Eiweißlösung subtrahieren. Wir wollen ihn die *Donnansche Korrektur* nennen. Hierbei kann y und x aus der p_{H} -Messung bestimmt werden, denn das p_{H} der Innenflüssigkeit ist $-\log y$ und das p_{H} der Außenflüssigkeit ist $-\log x$. z ist mittels der Donnanschen Gleichung (1) aus x und y zu berechnen:

$$z = \frac{(x + y)(x - y)}{y}$$

denn wir wissen, daß x und y durch das Donnansche Gleichgewicht bestimmt sind. Berechnet man nun den Wert von $2y + z - 2x$ für verschiedene p_{H} bei einer Gelatinechloridlösung (die Konzentration der ursprünglich isoelektrischen Gelatine soll immer dieselbe sein, in unserem Fall betrug sie 1%) und hieraus den osmotischen Druck, der aus dem Überschuß kristalloider Ionen der Innenflüssigkeit über die der Außenflüssigkeit resultiert, so findet man, daß diese Drucke fast identisch mit den beobachteten Drucke sind. Mit anderen Worten: Es stellt sich heraus, daß die Zunahme des osmotischen Druckes einer 1prozentigen Lösung von ursprünglich isoelektrischer Gelatine nach sukzessivem Zusatz geringer Säuremengen bis zu einem Maximum und die Verminderung des osmotischen Druckes nach weiterem Zusatz von Säure nicht auf irgendeiner Änderung des Dispersitätsgrades oder irgendeiner anderen tatsächlichen oder hypothetischen „kolloiden“ Eigenschaft des Eiweißes beruht, sondern lediglich darauf, daß die Eiweißionen nicht durch die für Kristalloide leicht durchgängige Kolloidummembran treten können. Als Folge dieser Tatsache muß die molare Konzentration der kristalloiden Ionen in der Innenflüssigkeit immer größer als in der Außenflüssigkeit sein. Was sich mit dem p_{H} der Gelatinelösung ändert, ist der zahlenmäßige Betrag der Differenz $2y + z - 2x$. Dies geht aus der Donnanschen Gleichung (1) hervor, nach welcher

$$x = \sqrt{y^2 + yz} \text{ oder } 2x = \sqrt{4y^2 + 4yz}$$

ist und

$$2y + z = \sqrt{4y^2 + 4yz + z^2}$$

Es ist klar, daß

$$\sqrt{4y^2 + 4yz + z^2} > \sqrt{4y^2 + 4yz}$$

sein muß, d. h. die Konzentration der kristalloiden Ionen der Innenflüssigkeit $2y + z$ ist stets größer als die Konzentration der entsprechenden Ionen der Außenflüssigkeit. Wenn wir für den Ausdrück der Donnan Korrektur $2y + z - 2x$ den identischen Ausdruck:

$$\sqrt{4y^2 + 4yz + z^2} - \sqrt{4y^2 + 4yz}$$

einsetzen, wird es offenbar, warum der osmotische Druck beim isoelektrischen Punkt ein Minimum hat, warum wenig Säure ihn bis zu einem Maximum steigert und ein weiterer Zusatz wieder eine Verminderung bewirkt. Beim isoelektrischen Punkt ist das Protein nicht ionisiert, und da $z = 0$ ist, wird der ganze Ausdruck:

$$\sqrt{4y^2 + 4yz + z^2} - \sqrt{4y^2 + 4yz} = 0.$$

Daher ist der beim isoelektrischen Punkt gefundene osmotische Druck nur durch das Eiweiß bedingt, er ist aber sehr niedrig wegen des hohen Molekulargewichtes der Gelatine.

Bei geringem Säurezusatz (etwa Salzsäure) bildet sich Gelatinechlorid und es bleibt etwas freie Säure wegen der hydrolytischen Dissoziation übrig, daher nimmt sowohl z (die Konzentration der mit dem Eiweiß verbundenen Cl') wie y (die Cl' der durch Hydrolyse entstandenen freien Salzsäure) zu, aber z wächst zuerst stärker als y und daher kommt der Überschuß der Ionenkonzentration innen über die Ionenkonzentration außen, bis der größere Teil des Eiweißes in Proteinchlorid übergeführt ist, wobei der Ionenüberschuß innen maximal ist. Bei weiterem Zusatz von Säure wächst dann z verhältnismäßig wenig, während y beträchtlich zunimmt, so daß z gegen y zu vernachlässigen ist. Dies erklärt, warum die Donnan Korrektur wieder bei genügendem Säuregehalt Null ist und warum der beobachtete osmotische Druck wieder so niedrig wird wie beim isoelektrischen Punkt.

Ebenso kann die Wirkung der Salze erklärt werden. Wir wollen annehmen, daß sich in dem Kollodiumsäckchen eine Gelatine-Chlorid-Lösung mit dem p_H 3,0 befindet, zu welcher wir Chloratrium fügen. Dann wird z (die Konzentration der Cl -Ionen, die mit der Gelatine verbunden sind) durch den Zusatz des Salzes nicht vermehrt, während y (die Konzentration der nicht mit Gelatine verbundenen Chlorionen) größer wird. So wird mit zunehmender Salzkonzentration der Wert des Ausdruckes:

$$\sqrt{4y^2 + 4yz + z^2} - \sqrt{4y^2 + 4yz}$$

kleiner werden und sich schließlich dem Grenzwert Null nähern.

Wenn wir kein Chlorid, sondern etwa NaNO_3 zu der Gelatinechloridlösung setzen, können wir annehmen, daß die in der Lösung befindliche Gelatine Gelatinenitrat ist, für welches die gleichen Überlegungen gelten.

Fig. 3 zeigt gleichzeitig die Kurven der osmotischen Drucke und der Donnan Korrektur. Beide Kurven steigen parallel an und erheben sich vom isoelektrischen Punkt an bis zu einem Maximum, das bei dem beobachteten Drucke 450 mm Wasser beträgt und bei der Kurve der Donnan Korrektur ganz wenig niedriger ist. Der beobachtete osmotische Druck muß auch höher sein als der aus der Donnan Korrektur berechnete, eben wegen des osmotischen Druckes der Eiweißmoleküle selbst. Zwischen $p_H = 4,6$ und 3,2 besteht eine konstante Differenz zwischen den beiden Kurven, die allerdings bei höheren Säurewerten verschwindet. Diese Differenz ist aller Wahrscheinlichkeit nach ein Maß für den Wert von a , d. h. den durch das Eiweiß selbst bedingten osmotischen Druck. Das Verschwinden der Differenz bei einem $p_H < 3,2$ ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die Ungenauigkeit der zweiten Dezimale des p_H bei der Berechnung von z schon einen beträchtlichen Fehler bedingt, wenn das p_H zu klein ist. Die Fig. 3 zeigt weiter, daß die

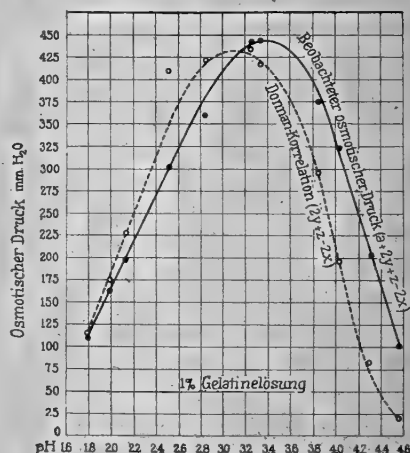


Fig. 3. Der Einfluß der Salzsäure auf den osmotischen Druck einer Eiweißlösung und die Donnan-Korrektur.

mit der Donnan Korrektur versehene Kurve des osmotischen Druckes einen Einfluß der p_H auf den osmotischen Druck darstellt, der ausschließlich oder praktisch ausschließlich durch den Überschuß kristalloider Ionen in der Innenflüssigkeit bedingt ist, welcher Überschuß sich nach der Donnanschen Gleichung einstellt. Der osmotische Druck des Eiweißes selbst ändert sich entweder durch den Zusatz von Säure überhaupt nicht oder jedenfalls nicht so, daß die Änderung der Beobachtung zugänglich ist. Der „Dispersitätstheorie“ oder anderen Spekulationen über den kolloidalen Zustand bleibt also nichts zu erklären übrig. Die geschilderten Resultate sind von dem Verfasser für kristallisiertes Eiereiweiß und Kasein und von Hitchcock für Edestin gefunden worden. Wir verstehen jetzt, weshalb nur die Valenz und nicht die sonstigen Eigenschaften des Ions eine Bedeutung für den osmotischen Druck von Eiweißlösungen haben. Die Gleichung für das Gleich-

gewicht ist bei einer Eiweißverbindung mit einem einwertigen Ion zweiten, mit einem zweiwertigen Ion dritten Grades. Nur die Valenz des Ions und nicht seine sonstigen Eigenschaften geht in die Donnansche Gleichung ein.

Fassen wir diese Ergebnisse zusammen, so können wir feststellen: Das sogenannte kolloidale Verhalten von Eiweißlösungen ist, soweit der osmotische Druck betrachtet wird, nur die Folge von Gleichgewichten, wie sie die klassische Chemie kennt. Diese Gleichgewichte werden dadurch bedingt, daß durch die Gegenwart einer Membran, die nur kristalloide, aber nicht Eiweißionen durchläßt, die Konzentration der kristalloiden Ionen in der Eiweißlösung höher ist, als die in einer wässrigen Außenflüssigkeit. Das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper hängt deshalb lediglich ab von der relativen Unfähigkeit der Proteinionen durch Membranen zu diffundieren, die leicht von kristalloiden Ionen durchwandert werden. Die Mehrzahl der pflanzlichen und tierischen Membranen ist hierzu zu rechnen, und man kann sich leicht eine Vorstellung davon machen, daß bei der Regelung des osmotischen Druckes in einem Organismus die Eiweißkörper von hoher Bedeutung sein müssen.

V.

Wir müssen nun noch kurz zeigen, wie die Quellung und die Viskosität der Eiweißlösungen ähnlich wie der osmotische Druck durch Elektrolyte geändert werden. Um das Resultat vorauszunehmen, so haben wir in beiden Fällen mit derselben Grundeigenschaft, nämlich dem osmotischen Druck, zu tun. Im Jahre 1910 kam *Procter* auf den genialen Gedanken, daß die Quellung der Gelatine ein osmotisches Phänomen sein könnte, und gemeinsam mit *J. A. Wilson* hat er in späteren Arbeiten diese Theorie durch quantitative Versuche gestützt, indem er die betrachteten Erscheinungen aus der Donnanschen Gleichung herleitete. *Procter* und *Wilson* zeigten, daß die Quellung eines festen Gelatinegels in Salzsäure quantitativ durch die Donnansche Gleichung erklärt werden kann, wenn man annimmt, daß die Konzentration der kristalloiden Ionen (in diesem Fall H und Cl) außen kleiner als innen ist. Aus dem durch diesen Donnaneffekt bedingten Ansteigen des osmotischen Druckes innerhalb des Gels wird dieser Anteil der Säurewirkung hinreichend erklärt. Die Übereinstimmung der berechneten und beobachteten Werte ist ausgezeichnet.

Der Verfasser hält *Procters* Theorie über die Quellung und ihre experimentelle Bestätigung von *Procter* und *Wilson* für den besten Beitrag zur Kenntnis des kolloidalen Zustandes, der an Wichtigkeit gleich hinter der Donnanschen Theorie der Membrangleichgewichte seine Stellung findet. Die Autoren hatten nur eine Einzelheit nicht untersucht: die Membranpotentiale zwischen dem Gel und der mit ihm im Gleichgewicht stehenden Außenflüssigkeit. Der Verfasser konnte diese Lücke ausfüllen und zeigen, daß die beobachtete

Potentialdifferenz zwischen Gel und Außenflüssigkeit mit genügender Genauigkeit aus dem p_H -Wert des Gels minus dem p_H der Außenflüssigkeit mittels der Nernstschen logarithmischen Formel berechnet werden kann.

VI.

Es muß seltsam erscheinen, daß die Beeinflussung der Viskosität bestimmter Eiweißlösungen durch Elektrolyte in derselben Weise zu erklären ist, aber es ist wahrscheinlich wirklich so. Nach der Einsteinschen Formel steht die Viskosität einer wässrigen Eiweißlösung in einer linearen Abhängigkeit von dem relativen Volumen, das der gelöste Stoff in der Lösung einnimmt. Die Formel dafür ist:

$$\eta = \eta_0 (1 + 2,5 \varphi)$$

wobei η die Viskosität der Lösung, η_0 die des reinen Wassers und φ das Verhältnis der Volumina des gelösten Körpers zu dem des Lösungsmittels bedeutet. Wenn somit der Zusatz von wenig Säure zu einer 1 prozentigen isoelektrischen Gelatinelösung die Viskosität der Lösung erhöht, bei weiterem Zusatz schließlich ein Maximum erreicht wird und eine weitere Zugabe die Viskosität wieder vermindert, so folgt daraus, daß die wechselnden Säuremengen das relative Volumen ändern, welches die Gelatine in Wasser einnimmt. Das ist nur möglich, wenn Wasser von dem Eiweiß absorbiert wird, und die Frage ist nun, wie diese Wasserabsorption des Eiweißes unter der Säurewirkung zu erklären ist. Nach *Paulis* Anschauung sollte das ionisierte Protein sich mit einem Wassermantel umgeben, der dem nicht ionisierten Eiweiß fehlt. Wenn das der Fall wäre, sollten alle Eiweiß- und Aminosäurelösungen eine solche Säurewirkung auf ihre Viskosität erkennen lassen. Der Verfasser fand, daß bei den Aminosäuren und mindestens bei einem Eiweiß, nämlich dem kristallisierten Eiereiweiß, eine solche Beeinflussung durch Säure nicht festzustellen ist. Träfe die Annahme *Paulis* zu, so müßte sich das kristallisierte Eiereiweiß doch genau so wie die Gelatine verhalten. Der Unterschied zwischen der Gelatine und dem Eiereiweiß liegt darin, daß das erstere ein festes Gel bei nicht zu hoher Temperatur bildet, das letztere nicht. Der Bildung dieses zusammenhängenden Gels bei Gelatinelösungen geht die Entstehung submikroskopischer Aggregate voraus, welche Wasser einschließen und in Stande sind zu quellen. Und diese Teilchen, welche die Vorstufen des Gels bilden, nehmen an Zahl und Größe mit der Zeit zu. Diese Vorstellung hat der Verfasser in der Weise geprüft, daß wässrige Suspensionen gepulverter Gelatine untersucht wurden. Solche Suspensionen hatten eine viel höhere Viskosität als eine frische Gelatinelösung. Dies Resultat konnte man erwarten, wenn es richtig ist, daß die Säurewirkung auf die Viskosität der Proteinlösungen durch die Quellung der submikroskopischen Gelteilchen bedingt ist. Es stimmt damit

weiter überein, daß die Viskosität von Eiereiweißlösungen von sehr kleiner Größenordnung ist. Dies erklärt sich auch aus der Tatsache, daß Lösungen des kristallisierten Eiereiweißes wenig oder keine Micellen enthalten. Nun konnte man weiter eine Zunahme der Viskosität der Suspensionen aus gepulverter Gelatine durch Säure oder Alkali finden, ganz ebenso wie bei der Quellung von Gelen oder beim osmotischen Druck von Eiweißlösungen. Die Viskositäten wurden bei 20° bestimmt. Hatte man die Suspension der gepulverten Gelatine geschmolzen und dann rasch auf 20° abgekühlt, so wurde die Viskosität erheblich verringert gefunden, der Einfluß der Säure war kaum mehr zu merken. Durch diese und eine Reihe analoger Versuche konnte man zeigen, daß die Ähnlichkeit der Elektrolytwirkung auf die Viskosität von Gelatinelösungen mit der Wirkung auf den osmotischen Druck deshalb zusammenhängt, weil in Wirklichkeit die Viskosität über Änderungen des Quellungszustandes submikroskopischer Eiweißteilchen zustande kommt. Der Beweis für diese Anschauung konnte durch den Nachweis eines Donnan-Gleichgewichtes zwischen den Teilchen der gepulverten Gelatine und der sie umgebenden schwachen Gelatinelösung völlig erbracht werden.

VII.

Wir wollen nicht verfehlen, an einem Beispiel zu zeigen, wie es kommt, daß die Unterlassung der Wasserstoffionenkonzentrationsbestimmung in Eiweißlösungen notwendig zu Irrtümern Veranlassung gibt. *Kuhn*²⁾ hat 1921 zeigen wollen, daß verschiedene Säuren derselben Valenzstufe die Quellung der Gelatine verschieden beeinflussen. Um so einen Beweis zu liefern, muß man von isoelektrischer Gelatine ausgehen, und man muß wieder die Wirkung der verschiedenen Säuren und die Quellung der isoelektrischen Gelatine bei derselben Wasserstoffionenkonzentration des Gels vergleichen, weil eben nur dann die Gele die gleiche Konzentration an Gelatineionen haben. *Kuhn* hat überhaupt das p_H seiner Gelatine nicht gemessen. Es macht nun einen erheblichen Unterschied, ob man Säure zu isoelektrischer Gelatine oder zu Gelatine von einem anderen p_H setzt. Ferner hat *Kuhn* nicht das p_H des Gels mit der Wasserstoffelektrode gemessen, sondern er hat die Wasserstoffionenkonzentration aus den Kohlrauschschen Tabellen so berechnet, als wenn es sich um eine Verdünnung der Säure mit reinem Wasser gehandelt und die Anwesenheit des Eiweißes das p_H nicht geändert hätte. Wir wissen aus unseren Titrationskurven, daß nach Säurezusatz zu isoelektrischer Gelatine das p_H größer ist, als nach Zusatz der gleichen Säuremenge zu dem gleichen Volumen reinen Wassers. Schließlich ist auch wegen des Donnanschen Gleichgewichtes das p_H innerhalb des Gels anders als das der Außenflüssigkeit; in der Kuhnschen Ar-

beit steht aber kein Wort über das Donnan-Gleichgewicht. Die Wasserstoffionenkonzentration der Eiweißlösungen, die *Kuhn* als gleich angesehen hat, waren also wegen all dieser Irrtümer ganz und gar voneinander verschieden und es ist sehr erklärlich, daß *Kuhn* zu dem Schluß kommt: Verschiedene einbasische Säuren beeinflussen die Quellung in verschiedener Weise, denn es wäre geradezu ein Wunder gewesen, wenn er mit dieser fehlerhaften Methode auch nur einmal die Wirkung zweier Säuren bei dem gleichen p_H verglichen hätte. Derselbe Einwand richtet sich gegen ähnliche ältere Versuche über die Elektrolytwirkung auf die Quellung, die dazu geführt hatten, daß die Autoren verschiedenen Anionen der gleichen Valenzstufe verschiedenen Einfluß auf die Quellung zuschrieben (Hofmeistersche Reihen). Bei all diesen Versuchen hatten die Autoren das p_H ihrer Gele nicht gemessen und bezogen irrtümlicherweise Wirkungen, die durch die Verschiedenheiten des p_H zustande kamen, auf die Verschiedenheiten des Säureanions.

VIII.

Somit kommen wir zu dem Schluß: Die Chemie der Eiweißkörper unterscheidet sich nicht von der Chemie der Kristalloide; Proteine verbinden sich nach stöchiometrischen Regeln mit Säuren und Alkalien und bilden elektrolytische dissoziierte Proteinsalze. Die ungeheuer großen Eiweißionen und -moleküle können nicht durch Gele oder viele Membranen diffundieren, die leicht durchlässig für die kleinen kristalloiden Ionen sind. Unter gewissen Bedingungen kommt deshalb eine ungleichmäßige Verteilung der diffusen Ionen zwischen einer Eiweißlösung und einer wässrigen Außenflüssigkeit oder zwischen einem Eiweißgel und einer wässrigen Lösung zustande. Hierbei ist die Gesamtkonzentration der kristalloiden Ionen in der Eiweißlösung oder innerhalb des Gels stets größer als in der wässrigen Außenflüssigkeit. Und diese Tatsache erklärt das kolloidale Verhalten der Eiweißlösungen und Gele. Die Messungen der Membranpotentiale beweisen, daß die Donnansche Theorie der Membrangeleichgewichte die Anreicherung der kristalloiden Ionen in der Innenflüssigkeit richtig wiedergibt. Alle Elektrolytwirkungen auf den osmotischen Druck, die Quellung und die Viskosität können mit befriedigender Genauigkeit aus der Donnanschen Gleichung berechnet werden, die eine theoretische, nicht eine empirische mathematische Formel ist. Somit stellen wir fest: Es ist möglich, das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper quantitativ auf Grund theoretischer mathematischer Ableitungen zu erklären. Die sogenannte Kolloidchemie, die zuerst den Eindruck einer neuen Chemie machte, scheint nur in dem Nichtbeachten einer Gleichgewichtsbedingung der klassischen Chemie bestanden zu haben, mindestens soweit die Proteine in Betracht gezogen werden. Diese Nichtbeachtung hatte zwei

²⁾ *Kuhn*, A., Kolloidchemische Beihefte 1921, 14, 147.

Gründe, erstens die Unterlassung der pH -Messungen seitens der Kolloidchemiker und die dadurch bedingte Unbestimmtheit eines Faktors, der die wichtigste Variable bei all diesen Fragen darstellt, zweitens die Nichtberücksichtigung der Membranpotentiale der Eiweißlösungen und Eiweißgele. Hieraus geht hervor, daß die Theorie der Membrangleichgewichte zur Erklärung des kolloidalen Verhaltens der Eiweißkörper herangezogen werden muß.

Über Wachstum.

Von E. Stettner, Erlangen.

Das Wachstum ist eine Eigenschaft der belebten Welt. Diese Tatsache kann als unbestreitbar gelten, denn sie beruht auf einer Erfahrung, die täglich erneuert werden kann. Je mehr über das Problem des Wachstums gedacht und geschrieben wird, um so mannigfacher werden die Rätsel, welche dem Forschenden begegnen. Wenn ein Lebewesen wächst, es mag selbst der einfachste Organismus sein, der selbständige Lebensfähigkeit besitzt, nämlich die Zelle, so kann dieses Wachstum nicht allein durch einfaches Hinzufügen neuer Substanz, sondern nur unter gleichzeitigem Umbau des ganzen Zellkörpers geschehen. Neben der *Massenvermehrung* geschieht also beim Wachstum ein im einzelnen sehr verwickelter Vorgang der *inneren und äußeren Gestaltsänderung* (*Differenzierung*).

Aus dem Vorhandensein dieses doppelten Geschehens erhellt eine Vielheit von Möglichkeiten des Wachstumsverlaufs, wenn man bedenkt, daß diese beiden Faktoren in quantitativer, qualitativer und temporärer Richtung verschieden wirken können. Folgt das Wachstum der Norm, d. h. erfolgt das Wachstum artgleicher Wesen, die unter bestmöglichen Bedingungen leben, in weitgehender Ähnlichkeit, so müssen die qualitativen und quantitativen Veränderungen in der Zeiteinheit harmonisch und einheitlich verlaufen. Die Funktion verläuft mit einer artspezifischen Geschwindigkeit und Dauer.

Das Wachstum der höheren Lebewesen beginnt mit der Vereinigung der elterlichen Keimzellen. Massenzunahme und Reifung finden im allgemeinen mit dem Abschluß der geschlechtlichen Entwicklung ihr Ende. Dann gilt der Mensch als „erwachsen“. Die Wachstumsarbeit ist aber im erwachsenen Zustand keineswegs abgeschlossen, sondern sie wird zum Ergänzen von im Laufe des Lebens beständig verlorengehendem Material verwendet. Daß diese Wachstumsleistungen ihre natürlichen Grenzen nicht überschreiten, wird durch Hemmungseinrichtungen gewährleistet. Man kann die Lebensbahn eines Menschen in verschiedene Abschnitte zerlegen: die *Embryonalzeit* wird im Mutterleibe vollbracht, das in dieser Zeit angebahnte Wachstum wird in der *Kindheit* fortgesetzt, und mit der Vollendung der Geschlechts-

reife wird der *erwachsene Zustand* erreicht, danach werden die körperlichen Erscheinungen mehr und mehr von regressiven Vorgängen beherrscht, wir nennen sie *Altern*.

Die Art und Weise, wie sich die Wachstumsvorgänge beim Menschen abspielen, ist weitgehend von *inneren Kräften* beherrscht. Wir müssen annehmen, daß der *gesamte Plan*, nach welchem sich der größte Teil der Wachstumsvorgänge vollzieht, mit der Vereinigung der elterlichen Keimzellen festgelegt ist. In der befruchteten Eizelle schlummert demnach jene mächtige Energie, welche schließlich den Organismus mit all seinen Feinheiten zur Entfaltung bringt. Bei der Zellteilung



Fig. 1.

1. Normale Froschlarven gegen Ende der Metamorphose.
2. Gleichaltrige Froschlarven wie 1, durch Verfütterung von Thymusdrüse wesentlich größer (gesteigerte Massenzunahme), aber in der Entwicklung zurückgeblieben (verzögerte Differenzierung).

3. Normale Froschlarve.

4. und 5. Gleichaltrig wie 3, unter Einwirkung von Schilddrüsenfütterung beschleunigte Differenzierung (Bein- und Armknospen vorhanden) bei geringer Körpergröße.

geht jene Energie in die Tochterzellen über. In jeder einzelnen Körperzelle ist daher für ihre ganze Lebensdauer ein Wachstumsvermögen vorhanden, welches sich in quantitativer und qualitativer Richtung auswirkt. In der Zelle ruht nicht nur die Fähigkeit der Vergrößerung und Vermehrung, sondern alle die feinen Eigenschaften, welche die Architektur des Gewebes bedeuten, in welchem eine Fähigkeit auf die feinsten Druck- und Zugspannungen zu antworten, ausgedrückt ist. Das Vermögen, den Organismus nach einem für Art und Rasse spezifischen Plan auszubauen, bleibt unbestreitbares Gebiet der Zelle. Je jünger das Einzelwesen ist, d. h. je näher es noch dem Befruchtungsaugeblicke steht, um so selbständi-

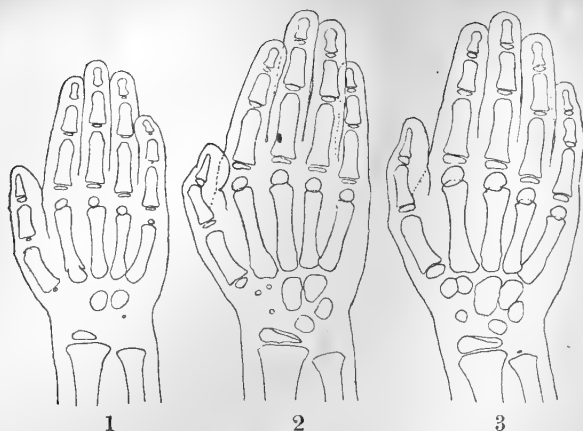


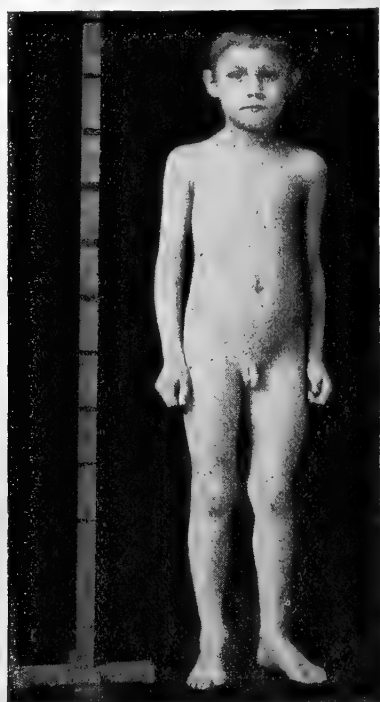
Fig. 2.

Verschiedenheit der Reife (Differenzierung) des Handskelettes bei drei gleichaltrigen Kindern verschiedenen sozialen Vorkommens.

1. H. A. ♂ 5 J. 4 M. 105 cm groß, Landkind.
2. F. H. ♂ 5 J. 7 M. 111 cm groß, Arbeiterkind in der Stadt.
3. N. H. ♂ 5 J. 3 M. 118 cm groß, Großbürgerskind in der Stadt.

Untersuchungen über Regeneration und Transplantation von Geweben der letzten Jahre gelehrt. Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß das Wachstum zu den vererbten Eigenschaften gehört. Wenn dies nicht der Fall wäre, könnte niemals das Kind seinen Ahnen in körperlicher und seelischer Richtung ähnlich werden. Die Erblichkeit dieser Anlagen erstreckt sich aber nicht nur auf Aufbau und Leistungsgröße des Organismus, sondern auch auf die Geschwindigkeit des Ablaufs dieser beiden Teilerscheinungen. Wir kennen Rassen, ja sogar Familien, in welchen alle Lebensvorgänge rasch, ja übereilt abzulaufen scheinen, daneben gibt es solche, bei denen das Gegenteil der Fall ist. Ob Beziehungen von der Geschwindigkeit dieser Vorgänge zur gesamten Lebensdauer bestehen, ist noch nicht erforscht. Dieselben inneren Kräfte also, welche die Konstitution des Einzelwesens bedeuten, stellen gleichzeitig die Triebfedern für das Wachstum dar.

Angesichts der großen Verschiedenheit der Erscheinungsformen, die sicherlich auch begründet werden kann, fragen wir uns, ob nicht etwa äußere



1



2

Fig. 3 A.

1. W. F. 8 J., 1 M., 126,5 cm groß, annähernd normaler Wuchs.
2. F. H. 8 J., 6 M., 97,5 cm groß, zeigt infolge chronischer Ernährungsstörung, Unterernährung und Mangel an Pflege starkes Zurückbleiben der Körpergröße und der Entwicklung (beachte die Verschiedenheit der Körperproportionen bei beiden Kindern). Größe entspricht einem Alter von $3\frac{3}{4}$ Jahren.

ger vermögen die Zellen zu wirken. Auch besitzen die Zellen niederer Organismen eine weitaus größere Selbständigkeit als die der höher differenzierten Tiere, das haben uns die prachtvollen

Kräfte am Werke sind, die Wachstumsbahn abzulenken und dadurch Variationen hervorzurufen. Angesichts der weiten Variationsgrenzen, innerhalb welcher das Wachstum normaler Kinder ver-

läuft, ist diese Frage wohl berechtigt. Und es ist eine beweisbare Tatsache, daß die Variationsbreite für Wachstumsvorgänge bei Berücksichtigung äußerer Kräfte zwar nicht vollkommen, aber doch weitgehend eingeengt werden kann.

Ohne das Vorhandensein äußerer Reize kann Wachstum auf die Dauer gar nicht stattfinden. Grundbedingung dafür ist eine genügende und angepaßte Ernährung. Mit der Nahrung müssen dem wachsenden Menschen nicht nur diejenigen Stoffe zugeführt werden, mit denen sein Bestand erhalten werden kann, sondern der Bedarf ist in der Wachstumsperiode größer, weil zu dem Bestande von Tag zu Tag neue Masse hinzugefügt werden muß. Von den einzelnen Nahrungsbestandteilen, die notwendig sind, kann man keinem den Vorzug geben. Eiweiß, Fette, Kohlehydrate, Salze, Vitamine und Wasser sind gleichwichtig und gegenseitig nicht vertretbar. Beim Stoffaustausch, der zwischen Gewebe und Zelle beständig stattfindet, spielen Lipide, Salze und Wasser eine ganz besondere Rolle, weil durch sie der Grad der Durchlässigkeit der Zellwand bestimmt und ein physikalisch notwendiger Spannungszustand gewährleistet wird. Neben der Ernährung, die für das Wachstum eine *conditio sine qua non* darstellt, wirken aber noch mehrere an-

phischen, klimatischen, historischen und sozialen Umwelt. Anthropologische und psychologische Beobachtungen lehren, daß bei unter gleichen geographischen Bedingungen lebenden Menschen, selbst dann, wenn sie ursprünglich verschiedenen Rassen angehörten, im Laufe der Zeit eine weitgehende Annäherung in Gestalt und Charakter zu beobachten ist (Amerikaner). Unterstützend für diesen eigenartigen Vorgang kommen allerdings die Gleichheit der verwandten Bodenfrüchte in der Ernährung, die allmählich ähnlich gewordenen Lebensgewohnheiten als formbestimmend in Betracht. Die Folgeerscheinungen der *Klimawirkungen* kommen am deutlichsten in den Schwankungen der Wachstumsgeschwindigkeit in den verschiedenen Jahreszeiten zum Ausdruck. Schon seit *Malinghansen* ist uns die raschere Größenzunahme der Kinder in den Sommermonaten bekannt. Von der Vielheit der Dinge, welche den Sammelbegriff des Klimas ausmachen, sind in dieser Hinsicht Licht und Wärme vielleicht die wichtigsten. Freilich darf man nicht außer acht lassen, daß im Sommer die Nahrung wesentlich vitaminreicher ist, so daß auch hier eine indirekte Ernährungswirkung vorliegen kann.

Für den Einfluß der *historischen* Verhältnisse hat jüngst *Röfle* einen beachtenswerten Beleg gebracht, indem durch Vergleich von Körpermaßen festgestellt werden konnte, daß die derzeitigen Jenenser Schulkinder durchschnittlich um einige Zentimeter größer sind als die vor 40 Jahren. Die gleiche Erscheinung tritt zutage, wenn wir die Körpermaßzahlen des Belgiers *Quételet* mit den heutigen Durchschnittszahlen vergleichen. Zur Erklärung dieser merkwürdigen Tatsache, die im ersten Augenblick rätselhaft erscheint, muß man die Wirksamkeit der Lebensgewohnheiten der Menschen heranziehen, die mit den Fortschritten der Zivilisation andere geworden sind. Im kleinen wiederholt sich nämlich derselbe Vorgang an den Kindern verschiedenen *sozialen* Herkommens. Das Wachstum der einfach aufwachsenden Kinder unserer Bauern vollzieht sich nämlich in etwas anderen Bahnen als bei den Stadtkindern; die größten Verschiedenheiten finden sich gegenüber den Kindern der gehobenen Stände. Die Hauptunterschiede bestehen darin, daß die Landkinder im Vergleich zu den Stadtkindern der gleichen Altersstufe eine geringere Körperlänge besitzen und eine langsamere Entwicklung durchmachen, so daß selbst der Zeitpunkt des Eintretens der Geschlechtsreife ein späterer sein kann. Die Gründe für ein solches Geschehen sind sehr schwer zu finden. Man kann sich vorstellen, daß infolge des reichlicheren Aufenthaltes im Freien, bei Hitze und Sonnenschein, bei Regen und Kälte die Wärmeregulierung und damit der gesamte Stoffhaushalt des Landkindes eine so große Belastung erfährt, daß daraus Hemmungen der Wachstumsgeschwindigkeit entstehen. Auf der anderen Seite unterliegen die Großstadtkinder all den aufreizenden, das Nervensystem beständig

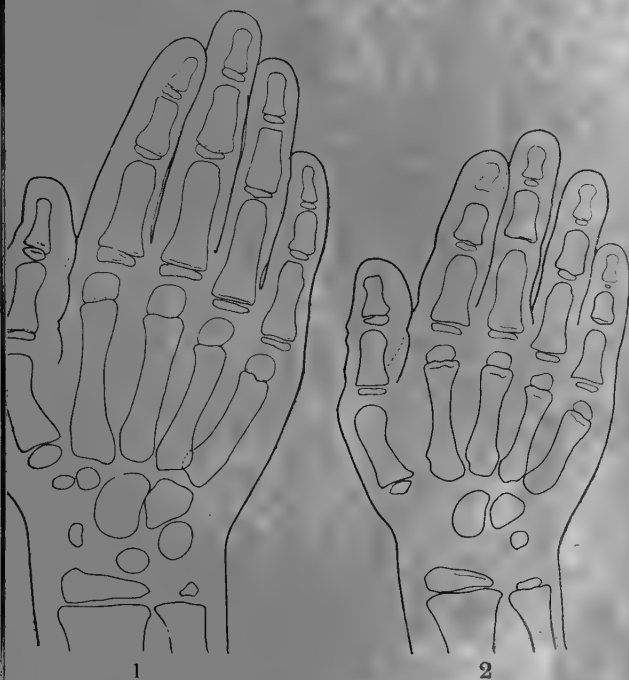


Fig. 3 B.

1. Röntgenogramm des Handskelettes von W. F.
Annähernd normale Verhältnisse.
2. Röntgenogramm des Handskelettes von F. H.
Differenzierung des Skelettes entspricht einem Alter
von $3\frac{1}{2}$ Jahren.

dere Kräfte auf das Wachstum ein. Hier kommt vor allem der sogenannte „*Lebensraum*“ in Betracht, in welchen ein Mensch hineingeboren wird. Darunter versteht man die Gesamtheit der geogra-

peitschenden Eindrücken des modernen Verkehrs und der Einrichtungen der Zivilisation. Betrachten wir die geistige Reife eines kleinen Stadtkindes der höheren Stände, und vergleichen damit die eines Landkindes gleichen Alters, so wird der Unterschied hinsichtlich des Wissensschatzes, kurz aller der Dinge, welche gelernt werden können, zugunsten des Stadtkindes ausfallen. Es scheint, daß die durch Übungen und erzwungene Inanspruchnahme erzeugte höhere Differenzierung des Gehirns eine solche der übrigen Gewebe nach sich zieht. (Fig. 2¹.)

Eine Durchsicht der Wirkungsweise der äußeren Bedingungen zeigt, daß auch beim Menschen Abweichungen von der individuellen Wachstumsbahn erzielt werden können. Sie zeigen sich in Form quantitativer Änderungen in der Zeiteinheit an, während die qualitativen Leistungen des Wachstums, welche die Zugehörigkeit des Einzelwesens zu einer bestimmten Art, Rasse oder Familie bestimmen, von *physiologischen* Reizen der Außenwelt nicht durchbrochen werden können. Da die qualitative Wachstumsarbeit mit den oben geschilderten Aufgaben der Körperzelle zusammenfällt, erkennen wir, daß die Wachstumsfähigkeit der Zelle wohl gewisse Modifikationen erleiden kann, innerhalb einer großen Toleranzbreite aber stets in spezifischer Weise anspricht. Erst wenn die Belastung der Zelle, etwa durch Krankheit zu groß wird, wenn beispielsweise ein zu großes oder zu geringes Angebot von Nahrung oder Gifte einen „Schaden“ an der Zelle erzeugen, dann kommen allerlei Störungen des Wachstums des gesamten Körpers oder seiner Teile zutage, welche den Verlust der Individualspezifität bedeuten und selbst manchmal die Familienähnlichkeit verwischen lassen. (Fig. 3 A und B.)

Als eine weitere Frage ergibt sich, wie die Wachstumsarbeit im Organismus geleistet wird? Wir müssen uns dabei stets vor Augen halten, daß die Veränderung im Körper, die wir als Wachstum erkennen, das Ergebnis der Wirksamkeit der inneren und äußeren Kräfte ist. Sicher ist, daß nur das Ineinandergreifen eines fein gegliederten Räderwerkes den Organismus in eine gesetzmäßige Entfaltung bringt. Die plastische Masse und Hüterin dieser Gesetzmäßigkeit ist die Zelle, während dagegen die äußeren Faktoren stets wechselvoll eingreifen. Der Umfang der Zelleistung an der Wachstumsarbeit wurde bereits oben angedeutet. Das Problem, Zellen außerhalb des Organismus zur Vermehrung und Entwicklung zu bringen, kann in seinen Grundzügen als gelöst betrachtet werden, das haben uns die *Carrel'schen* Gewebskulturen gezeigt, mit welchen es gelingt, Zellen bis in das Unendliche an Zeit und Raum wachsen zu lassen, selbst wenn der Spender dieser Zellen längst nicht mehr zu den Lebenden zählt. Im Verbands eines Organismus aber vermag ein der-

art schrankenloses Wachstum nicht zu geschehen, durch Hemmungseinrichtungen werden hier Grenzen gezogen. Innerhalb eines Organismus bestimmen mechanische, funktionelle und chemische Kräfte die Größe der Wachstumsarbeit.

Zu den *mechanisch* wirkenden Kräften sind die Schwerkraft, Osmose und Endosmose und elektrische Spannungsunterschiede zu rechnen. Durch sie geschehen die wichtigsten Leistungen des Stoffaustausches, der Aufnahme von nährenden Substanzen und der Abscheidung und Ausstoßung störender Stoffwechselschlacken. Dadurch, daß beim mehrzelligen Organismus die Zellen im Verbands und nicht mehr einzeln auftreten, schafft jeder Nachbar durch Raumbegrenzung, durch Druck- und Zugwirkung besondere mechanische Bedingungen. So fein auch die Regulierungseinrichtungen im Organismus abgestimmt sind, um die Zusammensetzung des Körpers konstant zu erhalten, im Laufe der Zeit kommt es dennoch zur Abnahme der Elastizität der Gewebe und zur Änderung des Aggregatzustandes wichtiger Zellbestandteile, wodurch ein weiterer mechanischer Faktor zur Wirkung kommt. Dieses zuletzt erwähnte Moment, im Zusammenhang mit Entwässerung und Zunahme der fibrillären Substanzen gehört zu den wichtigsten Hemmungsfaktoren, welche schließlich den natürlichen Tod des Einzelwesens vermögen.

Da wir das Wachstum als das Ergebnis innerer und äußerer Triebkräfte kennen gelernt haben, muß stets eine Verbindung der zelligen Wachstumselemente mit der Umwelt gewährleistet sein. Dieser vermittelnden *Funktion* dient beim höher organisierten Tier das Nervensystem. Die phylogenetisch älteste Anlage des Nervensystems, das sogenannte vegetative Nervensystem, mit seinem sympathischen und parasympathischen Anteil, dient vom Tage seiner Entstehung an der Aufgabe, das Lebewesen in allen seinen Teilen über die Vorgänge der Außenwelt zu orientieren. Zu diesem Zwecke sind zahlreiche der Willkür und dem Bewußtsein entzogene Reflexvorgänge vorhanden, mit deren Hilfe Umweltreize in verschiedener Weise für die Zelle umgesetzt werden. Durch innigste anatomische und funktionelle Beziehungen zu den Blutgefäßen vermag dieses System die Zellen an ihrem empfindlichsten Punkte, an ihrer Ernährung, zu treffen und so in ihrer Wachstumsarbeit zu hemmen und zu fördern.

Dieses vegetative Nervensystem steht in innigster *wechselseitiger* Beziehung zu einem weiteren Organsystem, der Gesamtheit der innersekretorischen Drüsen. Sie senden hemmende und fördernde *chemisch* wirksame Kräfte in das Blut und an jede einzelne Zelle. Sie greifen unmittelbar an, und mit Hilfe des Nervensystems, dessen Tonus sie bestimmen. Ihre Tätigkeit ist nicht in allen Altersstufen die gleiche, denn sie unterliegen selbst einer Entwicklung und die einzelnen Drüsen gegenseitiger Beeinflussung.

¹) Aus Arch. f. Kinderh. I. XVIII. Bd.

Besonders während der Kindheit lassen sich unverkennbar Zeitabschnitte unterscheiden, in denen einmal die eine, einmal die andere innersekretorische Drüse vorherrscht. Die von Stratz u. a. in der kindlichen Lebensbahn unterschiedenen Perioden der Fülle und Streckung erfahren durch dieses wechselnde Verhalten dieser Drüsen eine gewisse Erklärung, zumal ihre Tätigkeit so wirkungsvoll ist, daß der Ausfall, die gesteigerte oder abwegige Wirksamkeit der einen oder anderen Drüse der äußeren Gestalt ein spezifisches Gepräge verleiht. Das Ineinanderspielen dieser Drüsen gleicht einem Kampf, aus welchem schließlich plangemäß die Pubertätsdrüse mit dem Siege hervorgeht und die bedeutendste Umwandlung im Organismus hervorruft. Mit dem Abschluß ihrer Entwicklung ist die Reife des Individuums vollzogen und, abgesehen von regressiven Vorgängen, seine Metamorphose beendet.

Mit diesen Ausführungen war ich bestrebt, in übersichtlicher Form einen Einblick in die *allgemeinen* Vorgänge, die sich beim Wachstum abspielen, zu geben und die Abhängigkeit des körperlichen Geschehens von der Umwelt zu schildern. Das Problem des Wachstums ist so reich an Fragen, daß es im Rahmen dieser zusammenfassenden Darstellung nicht möglich war, in die Tiefe zu dringen und Einzelheiten zu schildern. Alle Zweige der Naturwissenschaft vermögen zur Lösung des Wachstumsproblems beizutragen, denn jede Naturwissenschaft sucht bis zum Ursprung des Lebens vorzudringen, und an der Quelle des Lebens ruht das Geheimnis des Wachstums.

Interferenzmethode zur Prüfung optischer Systeme.

Von E. Bratke, Berlin, und E. Waetzmann,
Breslau.

1. Altbekannt ist das Verfahren, mit Hilfe der Newtonschen Interferenzkurven die Flächenform der äußeren Begrenzung von Linsen festzustellen. Die Abbildungsfehler hängen aber nicht nur von der Form der brechenden Flächen ab, sondern auch von dem Brechungsquotienten und von seinen örtlichen Schwankungen. Bei Kombinationen von Linsen kann zudem die Zentrierung mangelhaft sein, oder es können innere Spannungen durch das Verkitten oder durch die Fassung hervorgerufen werden. Es ist deshalb von Wichtigkeit, die Abbildung durch das fertige System experimentell zu prüfen und mit dem theoretisch geforderten Strahlengang zu vergleichen.

Die Methode, die wir im folgenden kurz beschreiben wollen, hat den Zweck, den Korrektionszustand eines fertigen optischen Systems *vermittels* Interferenz qualitativ und quantitativ zu untersuchen. Unsere Methode wurde erstmalig

vor zehn Jahren beschrieben, und an Hand von Interferenzbildern wurde ihre *qualitative* Brauchbarkeit gezeigt¹⁾. Infolge des Krieges konnte die *quantitative* Durcharbeitung erst vor wenigen Jahren aufgenommen werden²⁾. Inzwischen ist auch bei der Firma Adam Hilger in London von F. Twyman³⁾ eine mit der unserigen im Prinzip gleichartige Methode wenigstens für *qualitative* Zwecke ausgearbeitet worden. Hierbei ist das Vorhandensein unserer Methode der Aufmerksamkeit Twymans offenbar entgangen, denn obwohl die sonstige deutsche Literatur über Linsenprüfungen in seinen Arbeiten ausführlich zitiert ist, wird unsere Methode nirgends erwähnt. Der Kern beider Methoden ist der, daß die Abbildungsfehler eines optischen Systems Veranlassung für das Auftreten von Interferenzkurven geben, die bei idealer Abbildung nicht vorhanden wären. Ist die Anordnung derart getroffen, daß schon bei idealer Abbildung Interferenzkurven auftreten, so dienen als Kriterium für die Linsenfehler die Abweichungen in den wirklich beobachteten Interferenzbildern von den für ideale Abbildung theoretisch geforderten Interferenzbildern. Es liegt in der Natur der Interferenzen, daß eine derartige Methode besonders empfindlich sein muß und deshalb geeignet sein dürfte, auch der optischen Technik Dienste zu leisten. Aus diesem Grunde haben wir uns mit dem qualitativen Resultat, den Korrektionszustand eines optischen Systems in sehr einfacher und reizvoller Weise aus Interferenzbildern erschließen zu können (Waetzmann), nicht begnügt, sondern haben versucht, die Methode auch quantitativ brauchbar zu machen (Bratke). Wie die Untersuchungen Bratkes zeigen, ist das bereits weitgehend hinsichtlich der auf sphärischen und chromatischen Abweichungen beruhenden Abbildungsfehler gelungen. Inwieweit die Methode auch zur Bestimmung von Fehlern brauchbar ist, die bei schief einfallenden Strahlenbüscheln auftreten, wird zurzeit im Breslauer physikalischen Institut untersucht.

2. Mascart⁴⁾, Hurion⁵⁾ und vor allem Lummer⁶⁾ haben folgende Interferenzerscheinung behandelt: Ein Lichtstrahl fällt (Fig. 1) auf die planparallele Platte *P* auf und teilt sich in zwei Anteile 1 und 2, die in der hinteren Brennebene der Linse *L* vereinigt werden. Senkrecht zur optischen Achse von *L* steht ein Spiegel *S*, der parallel zu seiner Ebene verschoben werden kann. *S* soll zunächst in der Brennebene von *L* stehen („Nullstellung“ des Spiegels). Nachdem die beiden Teilstrahlen an *S* reflektiert worden sind, durchsetzen sie zum zweiten Male die Linse *L*

¹⁾ E. Waetzmann, Ann. d. Phys. 39, 1042, 1912.

²⁾ E. Bratke, Diss. Breslau 1922.

³⁾ F. Twyman, Phil. Mag. (6) 35, 49, 1918, und 42, 777, 1921.

⁴⁾ Mascart, Ann. chim. phys. 23, 149, 1871.

⁵⁾ Hurion, Journ. de phys. (3) 1, 414, 1892.

⁶⁾ Lummer, Wied. Ann. 23, 513, 1884.

und fallen auf P auf. Hier wird 2 an der Vorderfläche als $2'$ und 1 an der Hinterfläche als $1'$ reflektiert. Der Gangunterschied von $1'$ und $2'$ ist gleich Null. Fällt also ein ganzes Lichtbündel auf P auf, so erscheint das Gesichtsfeld gleich-

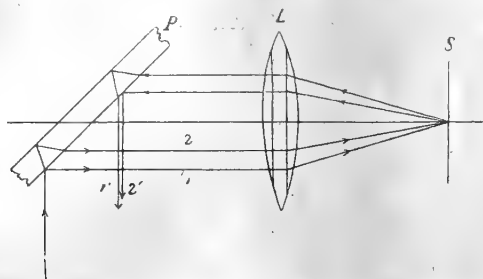


Fig. 1. Schematische Darstellung des Strahlenganges.

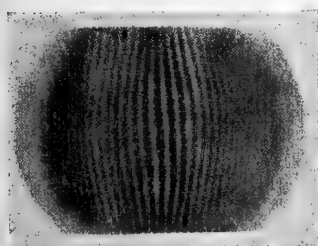


Fig. 2.



Fig. 3.

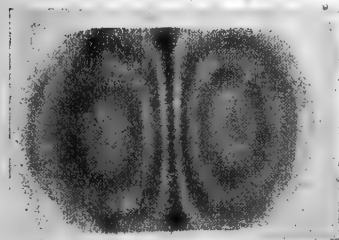


Fig. 4.

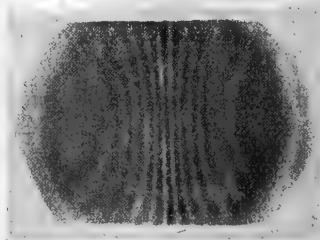


Fig. 5.

Sphärisch unterkorrigiertes System.

mäßig hell. Wird der Spiegel jetzt in der Richtung der Linsenachse ein wenig aus seiner Nullstellung verschoben, so fallen die an S reflektierten Strahlen unter etwas anderen Winkeln auf P auf, die Strahlen $1'$ und $2'$, die in der vorderen Brennebene von L vereinigt werden, haben einen endlichen Gangunterschied, und wenn wir ein ganzes Lichtbündel auf die Platte auffallen lassen, so erhalten wir eine ausgedehnte Interferenzerscheinung.

Die Interferenzkurven sind äquidistante vertikale Gerade, die symmetrisch zu einem Zentralstreifen angeordnet sind, der etwas seitlich der optischen Achse liegt. Die Streifenabstände werden um so kleiner, je weiter der Spiegel aus seiner Nullstellung entfernt wird. Dabei ist es gleichgültig, in welcher Richtung er verschoben wird. Die Erscheinung ist also symmetrisch zur Nullstellung des Spiegels. Befindet er sich in der Nullstellung selbst, so treten keine Interferenzstreifen mehr auf.

Die Theorie führt aber nur dann zu dieser einfachen Interferenzerscheinung, wenn ideal abbildende Linsen vorausgesetzt sind. Daß Lummer trotzdem seine theoretischen Resultate experimentell bestätigt fand, liegt in erster Linie daran, daß er bei verhältnismäßig großen Entfernungen des Spiegels aus seiner Nullstellung beobachtet hat und außerdem als Linsensysteme Fernrohr-objektive benutzte, die sphärisch gut korrigiert zu sein pflegen.

3. Im allgemeinen erhält man aber, namentlich in unmittelbarer Nähe der Nullstellung des Spiegels, Interferenzkurven, die von der geradlinigen Form durchaus abweichen. Diese Abweichungen rühren von den Abbildungsfehlern des Linsensystems her und sind je nach dem Korrek-

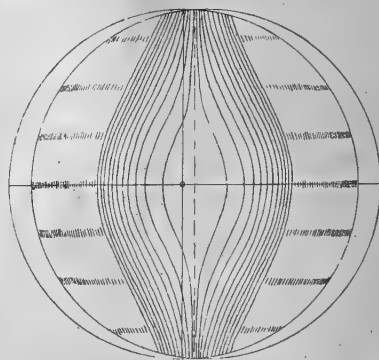


Fig. 6 a.

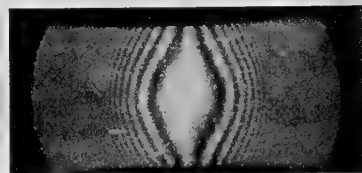


Fig. 6 b.

Vergleich zwischen Theorie (6 a) und Experiment (6 b).

tionszustande desselben und je nach den sonstigen Versuchsbedingungen (Plattendicke) mehr oder weniger ausgeprägt. Die Kurvenformen der Fig. 2—5 erhält man an einem sphärisch unterkorrigierten System, wenn der Spiegel aus größerer Entfernung außerhalb der Brennweite von L (Fig. 2) sich seiner Nullstellung stark genähert hat (Fig. 3), durch diese soeben hindurchgewandert ist (Fig. 4) und sich dann in der bisherigen Verschiebungsrichtung wieder weiter von der Nullstellung entfernt hat (Fig. 5). Die Photographien geben nicht das Bild der ganzen Objektivöffnung wieder, weil die Höhe der planparallelen Platte nicht ausreichte. Bei einem sphärisch überkorrigierten System würden die Kurvenformen der Fig. 2—5 im entgegengesetzten Sinne durchlaufen, wenn der Spiegel aus größerer Entfernung her allmählich genähert wird und durch die Nullstellung hindurchwandert. Wer im Lesen der Interferenzbilder etwas Übung hat, gewinnt schon durch die

subjektive Beobachtung der Kurven bei Spiegelverschiebung ein gutes *qualitatives* Bild von dem Korrektionszustand des Systems. In der Nullstellung des Spiegels ist die Empfindlichkeit besonders groß. Bei idealer Abbildung sollte hier ja das ganze Gesichtsfeld von gleichmäßiger Helligkeit erfüllt sein, während sich die geringsten Spuren eines Abbildungsfehlers durch das Auftreten von Interferenzkurven bemerkbar machen. Die Form dieser Kurven und ihre Verteilung über das Gesichtsfeld geben in besonders einfacher Weise ein Bild der sphärischen Fehler. Das Nachschleifen der Linse zur Beseitigung dieser Fehler hat dann in der Weise zu erfolgen, daß diese Kurven gewissermaßen ausradiert werden.

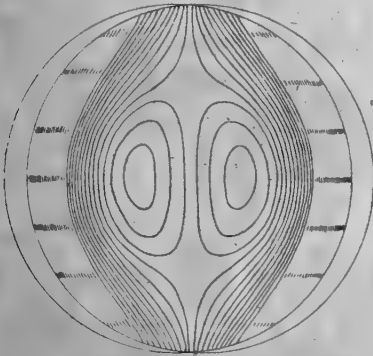


Fig. 7a.

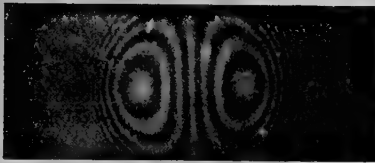


Fig. 7b.

Vergleich zwischen Theorie (7a) und Experiment (7b).

Soll die Chromasie der Vereinigungsweiten geprüft werden, so wird zunächst die Nullstellung des Spiegels für eine bestimmte Wellenlänge eingestellt und danach für eine andere Wellenlänge.

4. Bevor der Versuch gemacht werden konnte, rückwärts die exakten Werte der Abbildungsfehler aus den Interferenzkurven zu entnehmen, mußte geprüft werden, ob die bei nicht idealer Abbildung — also bei bestimmten vorgegebenen Linsenfehlern — theoretisch errechneten Kurven mit den an dem betreffenden Linsensystem experimentell gefundenen Kurven wirklich genau übereinstimmen. Auf die ziemlich umständliche Berechnung sowie auf irgendwelche Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden, sondern es soll nur an einem Beispiel (einfache Linse von 95 mm mittlerer Brennweite, unterkorrigiert) gezeigt werden, daß die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment eine fast vollkommene zu nennen ist.

In den Fig. 6—8 sind die berechneten

und die experimentell gefundenen Interferenzkurven für drei verschiedene Spiegelstellungen nebeneinander gestellt. Fig. 6 bezieht sich auf die Nullstellung des Spiegels. Man sieht, daß die Linse nur in der unmittelbaren Umgebung des Mittelpunktes ideal abbildet. Ferner erkennt man aus der nach den Rändern zu stark anwachsenden Zahl der Kurven — sie sind zum Teil nur angedeutet —, daß die sphärische Aberration sehr groß ist. In Fig. 7 ist der Spiegel, von der Nullstellung aus gerechnet, der Linse um 1 mm und in Fig. 8 um 2 mm genähert. Es treten jetzt „Quellpunkte“ auf, die mit wachsender Annäherung des Spiegels an die Linse nach den Rändern der Erscheinung zu wandern. Die gute Übereinstimmung der beobachteten mit den

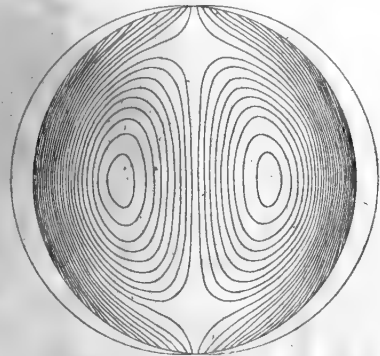


Fig. 8a.

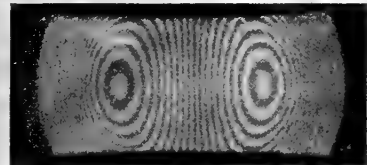


Fig. 8b.

Vergleich zwischen Theorie (8a) und Experiment (8b).

berechneten Kurven ersieht man schon rein qualitativ daraus, daß die Zahl der zwischen den Quellpunkten auftretenden Interferenzkurven in Theorie und Experiment die gleiche ist, und daß das Verhältnis des Abstandes der Quellpunkte voneinander zu dem Durchmesser des Interferenzbildes ebenfalls in beiden Fällen übereinstimmt. Genaue Ausmessungen ergeben auch vorzügliche quantitative Übereinstimmung.

5. Geht man jetzt dazu über, aus den beobachteten Interferenzkurven eines optischen Systems rückwärts dessen sphärische Aberration zu berechnen, so stößt man zunächst auf gewisse Schwierigkeiten, die hier nicht besprochen werden können. Es ließ sich aber (Bratke) theoretisch und experimentell zeigen, daß bei geeigneter Wahl der Versuchsbedingungen — dünne planparallele Platte und im Verhältnis zur Brennweite des Systems große Entfernung des Beobachtungsapparates — die Methode auch *quantitativ* gut brauchbar ist. Über eine Abänderung

der Versuchsanordnung, die noch genauere Meßergebnisse verspricht, haben wir unlängst an anderer Stelle berichtet⁷⁾.

6. Es sollen noch einige Kurvenaufnahmen mitgeteilt werden, die weitere charakteristische Merkmale zeigen.

Die Fig. 9—12 sind an einem Zielfernrohrobjektiv von 160 mm Brennweite aufgenommen. Sie werden der Reihe nach durchlaufen, wenn sich der Spiegel zunächst (9 und 10) außerhalb der Brennweite befindet und dann durch die Nullstellung (11) hindurch dem Objektiv genähert wird. Die Spiegelverschiebungen von Stellung 9 über 10 und 11 nach 12 hin betragen der Reihe nach 0,3 mm, 0,3 mm und 0,4 mm. Zunächst fällt auf, daß die Quellpunkte außerhalb der Nullstellung auftreten, im Gegen-

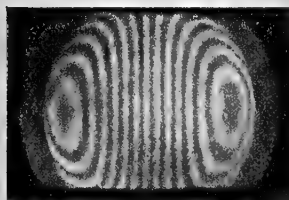


Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

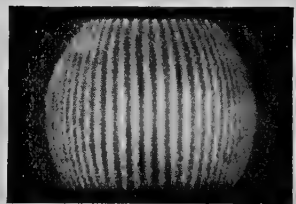


Fig. 12.

Sphärisch überkorrigiertes System.

satz zu den bisher betrachteten Bildern. Wir haben es also mit einem sphärisch überkorrigierten System zu tun. Ferner zeigen die Bilder 9 und 10 durch den geradlinigen fast äquidistanten Verlauf der Interferenzstreifen zwischen den Quellpunkten, daß die Innenzonen sehr gut korrigiert sind. Fig. 11 gibt durch die Breite des streifenfreien Teiles an, bis zu welcher Zone die Korrektur eine vollkommene ist. Schneidet man aus den Interferenzbildern einen Kreis mit dieser Breite als Durchmesser aus, so ist der Verlauf der Interferenzerscheinung in diesem Teile offenbar ein solcher, wie er für eine „ideale“ Linse zu erwarten ist.

Die Fig. 13—16 sind an einem photographischen Objektiv von 150 mm Brennweite aufgenommen. Sie werden der Reihe nach durchlaufen, wenn der Spiegel von einer bestimmten Stellung aus in Schritten von je 0,5 mm dem Objektiv genähert wird. Wir haben es hier mit typisch anderen Kurvenformen als den bisher be-

trachteten zu tun. Während die Fig. 2—12 nur Unter- oder Überkorrektur anzeigen, sind die Fig. 13—16 charakteristisch für optische Systeme, die für eine bestimmte Randzone sphärisch korrigiert sind, die also eine sphärische Aberrationskurve besitzen, deren Verlauf für die mittleren Zonen Unterkorrektur, für die Randzonen Überkorrektur anzeigt. Es müssen demnach die Interferenzkurven der Fig. 13—16 eine Kombination der vorhergehenden darstellen, was bei einem aufmerksamen Vergleich ohne weiteres zu sehen ist.

7. Die beschriebene Methode ist auch geeignet, Inhomogenitäten irgendwelcher Art in optischen Systemen sehr genau aufzuzeigen. Ganz

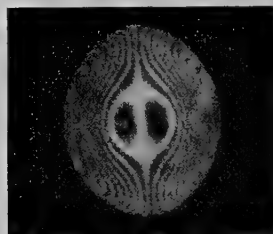


Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.

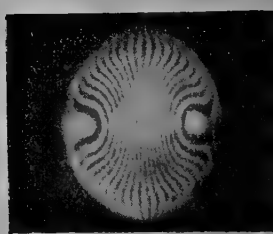


Fig. 16.

Mittelzonen überkorrigiert, Randzonen unterkorrigiert.

geringfügige Inhomogenitäten machen sich in den Interferenzbildern vorzüglich bemerkbar.

Zum Schluß möchten wir noch darauf hinweisen, daß sich die Methode, wie schon in der ursprünglichen Mitteilung angegeben ist, auch für die Untersuchung von Hohlspiegeln benutzen läßt.

Besprechungen.

Lenard, P., Über Ather und Uräther. Leipzig, S. Hirzel, 1921. gr. 8°. 56 S. und 4 Abbildungen.

Die Broschüre stellt die Ausarbeitung einer gleichbetiteltten Publikation dar, die 1920 im Jahrbuch für Radioaktivität und Elektronik erschienen war. Sie ist dem Bedürfnis des Verfassers entsprungen, unter Vermeidung der ihm nicht einleuchtend erscheinenden Konsequenzen der Relativitätstheorie eine physikalische Erklärung für die verschiedenen einander widersprechenden Ergebnisse der Atherphysik zu finden. Einstein war bekanntlich durch diese Ergebnisse dazu veranlaßt worden, auf die Vorstellung eines substantiellen Äthers überhaupt zu verzichten, während Herr Lenard nun gerade den umgekehrten Weg einzuschlagen versucht. Er führt neben dem gewöhn-

⁷⁾ E. Bratke u. E. Waetzmann, Zeitschr. f. Physik 12, 253, 1922.

lichen Lichtäther noch einen zweiten, den „Uräther“ ein, über den die folgenden Annahmen gemacht werden:

„Wir stellen uns den *Uräther* überall im Raum vorhanden und in seiner Gesamtmasse als ruhend vor (wie man es bisher mit dem Äther zu tun versuchte); er ist das Medium, welches die Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes bedingt, im besonderen auch das Medium, in welchem elektromagnetische Wellen mit Lichtgeschwindigkeit laufen, nachdem sie fertig erzeugt und von der emittierenden Materie genügend frei geworden sind. Der *Uräther* hat mit der Materie unmittelbar nichts zu tun.“

„*Den Äther* fassen wir dagegen als zur Materie gehörig auf (allerdings aber ebenso verschieden von ihr, wie das bisher schon gedacht wurde): jedes Atom hat — wie nach früherer Entwicklung oben bereits angegeben — seinen eigenen Äther, wenn auch nicht in unveränderlicher Menge, da Abgabe und Aufnahme von Äther seitens der Atome stattfinden kann. Andern Äther als der zu den Atomen der Materie bzw. den einzelnen Dynamiden oder Elektrizitätsquanten gehört und der mit solchen — oder von solchen in Gestalt elektromagnetischer Wellen abgeschossen selbständig — im *Uräther* unterwegs ist, gibt es nicht — außer eben den *Uräther*. Der zu einem bestimmten Atom gehörige Äther bildet dessen elektromagnetisches Kraftfeld, das man — wie oben und früher schon erläutert — etwa als Wirbelfeld (elektrische Kraftlinien) und Strömungslinien (magnetische Kraftlinien) des zum Atom gehörigen Äthers abbilden kann. Die elektrischen Kraftlinien (Wirbelfäden) — je nur eine in einer Dynamide des Atoms — sind in den strahlungsfreien Bahnen der Elektronen des Atoms kurz geschlossen ungleich den elektrischen Kraftlinien großer ruhender Ladungen, die auch weite Umläufe machen. Das Magnetfeld (die Strömungslinien) der Dynamiden stellen wir uns gleich den Magnetkraftlinien großer Kreiströme bis in unendliche Fernen reichend vor, so aber, daß diese Linien bloß intermittierend von den zur Dynamide gehörigen Äthertheilen betätigt werden.“ . . .

„Während wir also den *Uräther* — soweit zu sehen — überall so gut wie gleichmäßig vorhanden anzunehmen haben, ist die räumliche Verteilung des Äthers sehr ungleichmäßig. Wo Anhäufungen von Materie sind, wird auch viel zugehöriger Äther sich finden, und in zunehmendem Abstand von solchen Anhäufungen, wie die Erdkugel eine ist, wird die zugehörige Äthermenge in der Raumeinheit abnehmen; im Himmelsraum, fern von materiellen Massen wird der zur Materie gehörige Äther nur spärlich vorhanden sein; es ist fast nur *Uräther* da. Der Äther in der Umgebung der Erdkugel wird, da er fast ganz nur zu deren eigenen Atomen gehört, fast ganz mit ihr sich bewegen, relativ zu ihr also ruhen, während der *Uräther* diejenige Relativbewegung zur Erdkugel hat, welche man — mit entgegengesetzter Richtung — auch als Absolutbewegung der letzteren bezeichnen kann. Der spärliche Äther im Himmelsraum hat die seiner Zugehörigkeit zu den verschiedenen Himmelskörpern entsprechende gemischte Bewegung. Außer diesem Äther ist im Himmelsraum auch der die Lichtquanten der Strahlungen der Himmelskörper ausmachende Äther vorhanden.“

Die Kardinalschwierigkeit der Ätherphysik (negativ ausgefallene Versuche zur Feststellung eines Einflusses der Erdbewegung auf die elektromagnetischen Erscheinungen einerseits, Konstanz der Licht-

geschwindigkeit andererseits) wird nun durch folgende weitere Hypothesen umgangen:

„Das Lichtquant selbst, der kohärente Ätherwellenzug von bestimmtem Energieinhalt, besteht in unserer Vorstellung aus so vielen voneinander gleich-abstehenden elektrischen und zugehörigen magnetischen Kraftlinienringen, als halbe Wellen in ihm vorhanden sind, wobei je zwei benachbarte Kraftlinienringe von entgegengesetzter Richtung sind. (Hierzu Fig. 1.) Das ganze so beschriebene Gebilde, das Lichtquant, trägt seinen eigenen Äther, der seine Kraftlinienringe ausmacht, mit sich, während es mit Lichtgeschwindigkeit läuft. Es ist dies Äther, der ursprünglich zum emittierenden Atom gehörte, und der bei der Emission des Quants aus dem Atom entwichen ist, wobei er die sehr große Beschleunigung bis zur Lichtgeschwindigkeit erlitten hat. Wir betrachten später die hierbei vorausgesetzten Kräfte und verfolgen hier zunächst den Lauf des fertig emittierten Lichtquants. Wir nehmen an, daß das Lichtquant als Wellenzug im umgebenden Äther weiterläuft, daß es also nicht absolut, sondern relativ zu diesem Äther Lichtgeschwindigkeit besitzt. Dieser Äther ist nach dem bereits Entwickelten bei einem auf der Erde emittierten Lichtquant der Äther der Erdkugel, welcher als Ganzes relativ zu dieser ruht und gegen dessen überwiegende Menge der spärweise vorhandene Äther anderer Gestirne verschwindet, ebenso wie der zum — etwa relativ zur Erde bewegten — Urstrahlungsatom des Lichtquants oder zu anderen bewegten Körpern der Umgebung gehörende Äther. Das irdische Lichtquant hat demnach Lichtgeschwindigkeit relativ zur Erde. Wir fassen dies als eine Beeinflussung der Lichtgeschwindigkeit von seiten des Äthers auf, in welchem das Lichtquant entstanden ist, und wir nehmen an, daß die Beeinflussung im weiteren Lauf des Lichtquants allmählich verschwindet, so daß die Geschwindigkeit allmählich in absolute Lichtgeschwindigkeit übergeht, d. i. in Lichtgeschwindigkeit gemessen relativ zum *Uräther*, in welchem das Lichtquant auch schließlich läuft, wenn es in den freien Himmelsraum gelangt.“

Kurz gesagt, wird die Sache daher so: In der näheren Umgebung der Lichtquelle soll die Lichtausbreitung nach einer Art modifizierten Ritzschen Theorie verlaufen, in großer Entfernung von der Lichtquelle hingegen nach den Gesetzen der Maxwell-Lorentzschen Theorie. Da nun die erstere Theorie den negativen Ausfall des Michelsonversuches erklärt, die letztere hingegen das Gesetz von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erfüllt, so kann man natürlich durch eine geeignete Verquickung dieser Theorien zu einer Erklärung beider Erscheinungsgruppen gelangen. Der Verfasser stellt diesen Ausweg als weit sachgemäßer der Einsteinschen Relativitätstheorie gegenüber, der er Wirklichkeitsfremdheit vorwirft.

Man darf aber bei der Beurteilung solcher „Erklärungen“ physikalischer Erscheinungen nicht übersehen, daß man durch Einführung einer genügenden Zahl von Hypothesen überhaupt alles erklären kann — die Wissenschaft wird sich dann schließlich für jene Erklärung entscheiden, die am einfachsten ist und mit der geringsten Zahl von unabhängigen Hypothesen auskommt. Nun ist die heutige theoretische Physik von einer befriedigenden Lösung des Problems der Vorgänge im Atominneren und bei der Lichtemission noch sehr weit entfernt (wir geben dem Verfasser darin vollkommen recht, wenn er sagt, daß

auf diesem Gebiete noch viel Neues und Unerwartetes verborgen unserer harret). Zwischen der Quantentheorie und den elektrodynamischen Theorien makroskopischer Felder klafft noch ein gähnender Abgrund, über den als eine luftige Seilbrücke provisorisch das Bohrsche Korrespondenzprinzip gespannt ist.

Solange es hier keine solide Brücke gibt, können wir kaum ahnen, wie die definitive Theorie der Atom- und Strahlungsvorgänge aussehen wird. Soweit es sich aber um die makroskopischen Phänomene handelt, scheint mir eines sicher: Die Einsteinsche Theorie ist zwar revolutionärer (und beleidigt darum den „gesunden Menschenverstand“ vieler Nichtmathematiker), hat aber dafür den Vorzug der Einheitlichkeit und Geschlossenheit. Der Ausweg Herrn Lenards führt hingegen allzuleicht in ein Hypothesengestrüpp und würde sich bei weiterer Verfolgung wohl in uferlose Spekulationen verlieren. H. Thirring, Wien.

Wien, W., Die Relativitätstheorie vom Standpunkte der Physik und Erkenntnislehre. Vortrag, gehalten im Verwaltungsgebäude der Firma Siemens & Halske in Siemensstadt bei Berlin am 18. März 1921. Leipzig, J. A. Barth, 1921. 36 S. und 3 Abbildungen.

In diesem Vortrag stellt sich der hervorragende Physiker die Aufgabe, in möglichst einfacher Weise darzustellen, „wie man zur Relativitätstheorie gelangt ist, welche Ziele sie verfolgt, was sie leistet und welcher Erkenntniswert ihr zuzuschreiben ist“. Er will dabei „eine objektive Darstellung der Theorie, des Für und Wider, geben, über die vielfach in wenig wissenschaftlicher Weise in der Öffentlichkeit verhandelt ist“, und möchte „allen, die sich mit ihr beschäftigen, empfehlen, sich nicht als Anhänger oder Gegner der Theorie auszubilden, sondern sie so zu betrachten, wie es allein der Wissenschaft angemessen ist, nämlich als einen Weg, Eigenschaften der Naturgesetze zu erkennen, der ebenso wohl richtig wie falsch sein kann. Die Entscheidung hierüber kann man nicht auf dogmatischem Wege erreichen, sondern muß sie den Ergebnissen der Erfahrung überlassen.“

Aus dem Inhalte mögen einige der markantesten Stellen hier Platz finden: Von der speziellen Relativitätslehre heißt es, „daß mit ihr mancher früher möglich erscheinende Ausblick verschlossen ist. Die Lichtgeschwindigkeit, mit der sich die elektromagnetischen Wellen im Raume fortpflanzen, ist der Zurückführung auf andere beobachtbare Größen endgültig entzogen. Der Äther, welcher als Träger der elektromagnetischen Wellen zu gelten hatte, erscheint ausgeschaltet. Es sollen sich abstrakte Größen, wie elektrische und magnetische Kräfte mit Lichtgeschwindigkeit im Raum fortbewegen. Es scheint mir sehr fraglich, ob hiermit das letzte Wort gesprochen wurde. Die Neigung, den Äther wieder einzuführen, ist durch die Theorie der Strahlung wieder wachgerufen. Ist aber einmal der Äther wieder da, so werden Zweifel, ob nicht doch eine Bewegung relativ zu ihm physikalische Bedeutung hat, nicht zum Verschwinden zu bringen sein.“

Bei den experimentellen Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie wird erwähnt, daß „über die Rotverschiebung der Spektrallinien auf der Sonne noch heftiger Meinungsstreit herrscht. Während die amerikanischen Astronomen das Vorhandensein der Verschiebung leugnen, wird sie nun von zwei Deutschen, Gräbe und Bachem, behauptet. Da indessen die Amerikaner unter weit günstigeren Bedingungen arbeiten, werden hier besonders erst die Beobachtungen abzuwarten sein. Es entspricht den Gepflogenheiten der deutschen Wissenschaft, an alle wissenschaftlichen Ergebnisse den Maßstab strengster Kritik anzulegen und ich muß es

daher als verfrüht bezeichnen, wenn schon häufig von einer endgültigen Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie gesprochen wird.“

Von der Kosmologie Einsteins wird gesagt: „Man muß diese Betrachtungen mit großer Vorsicht aufnehmen. Alle Anwendungen der Naturgesetze auf das unendliche Weltall sind immer fragwürdig, und wenn es auch von Interesse ist, zu sehen, wie weit solche Anwendungen führen, so muß man sich doch klar darüber sein, daß man aus den sich ergebenden Schwierigkeiten keine bindenden Folgerungen ableiten kann.“

Bei der Besprechung der Weylschen Erweiterung der allgemeinen Relativitätstheorie wird in treffender Weise bemerkt: „Man muß sagen, daß diese Theorien schließlich darin bestehen, die in der Darstellung der Naturgesetze liegenden Schwierigkeiten auf die Geometrie abzuwälzen. Man muß wohl mit Sicherheit annehmen, daß durch eine genügend verwickelte Geometrie die Tatsachen der Wirklichkeit, wie sie auch sich durch die Beobachtungen ergeben mögen, dargestellt werden können. Es ist das eine Darstellung, bei der eben wieder die große in der bisherigen Geometrie liegende Einfachheit aufgegeben wird und die Frage, ob wir wirklich zu einem Aufgeben der einfachsten Grundlagen der Naturbetrachtung gezwungen sind, wird immer wieder mit Recht erhoben werden.“

Schließlich wird noch auf die erkenntnistheoretische Seite eingegangen. Dabei werden einige im Publikum verbreitete Irrtümer berichtigt. Z. B. ist trotz der von der allgemeinen Relativitätstheorie behaupteten logischen Gleichberechtigung des ptolemäischen und des kopernikanischen Standpunkts, selbst wenn dies zugegeben wird, das System des Kopernikus dadurch keineswegs hinfällig; denn es ist vermöge seiner größeren Einfachheit das für die Praxis einzig mögliche. Des weiteren wird die Unterstellung zurückgewiesen, als ob die sogenannte „relativistische Weltanschauung, die in Beziehung trete mit der von Spengler in seinem „Untergang des Abendlandes“ vertretenen Auffassung, mit der physikalischen Relativitätstheorie irgend etwas zu tun habe. . . . Die Relativität aller Urteile ist schon von Protagoras gelehrt worden, der schließlich bei dem echt sophistischen Standpunkt anlangte, daß man jeden Satz und ebensogut sein Gegenteil verfechten könne. Man müsse nur immer den geeigneten Standpunkt einnehmen. Ich weiß nicht, ob die Vertreter einer modernen relativistischen Anschauung soweit gehen wollen. Aber eins ist sicher, daß alle solche Gedankengänge der physikalischen Denkweise geradezu zuwiderlaufen. Die physikalischen Denker haben allmählich mit Anwendung der größten Geistesschärfe erreicht, daß der geozentrische und anthropomorphe Standpunkt verlassen wurde. Jetzt kann man es geradezu als die Grundlage des physikalischen Denkens bezeichnen, die subjektive Auffassung des Menschen auszuschalten und zu den unveränderlichen, von menschlicher Betrachtungsweise unabhängigen Naturgesetzen vorzudringen. . . . Wenn wir diese Erkenntnis aufgeben und wieder zur sophistischen Auffassung nur relativer Erkenntnis zurückkehren, so geben wir damit die Grundlage des physikalischen Denkens auf. Die Physiker müssen sich daher in erster Linie dagegen aussprechen, daß eine physikalische Relativitätstheorie, die möglicherweise gewisse Eigenschaften der Naturgesetze richtig darstellt, mißverständlich zu einer Relativität des Erkennens erweitert werden soll, die das ganze Gebäude physikalischer Naturerkenntnis und damit vor allem die Grundlagen der Relativitätstheorie selbst erschüttern würde.“

Wien schließt seine Betrachtungen damit, daß ihm nach alledem die Zeit für eine weite Verbreitung der Relativitätstheorie noch nicht gekommen zu sein scheint. „Weder ist die Theorie noch sind ihre Ergebnisse durch die Erfahrung endgültig bestätigt. Eine allgemeine Erörterung von allem Für und Wider die Relativitätstheorie verbietet sich dadurch, daß dazu ungemein mannigfache Fachkenntnisse gehören.“

Trotz der von vornherein sehr eng gesteckten Grenzen scheint mir *Wien* in diesem Vortrag jedenfalls das eine Ziel erreicht zu haben, einen Weg der ruhigen und sachlichen Kritik aufgezeigt zu haben. Es steht zu wünschen, daß ihm auf diesem Weg bald mehrere nachfolgen mögen, damit der unnötige Lärm von beiden Seiten verstumme, der am Ende keinem genützt, der Wissenschaft aber geschadet haben könnte.

Friedrich Kottler, Wien.

Neumann, E. R., Vorlesungen zur Einführung in die Relativitätstheorie. Jena, Gustav Fischer, 1922. VIII, 228 S. und 39 Abbildungen. 16 × 25 cm.

Dieses Buch des Marburger Mathematikers ist dem Vorwort zufolge aus Vorlesungen an der Universität Marburg entstanden und wendet sich daher an Studierende und Oberlehrer in erster Linie. Der Verfasser wünscht dabei die Mitte einzuhalten zwischen der unübersehbaren populären Literatur des Gebiets einerseits und der abstrakt mathematischen Darstellung von Weyl andererseits, die an den Leser recht hohe Anforderungen stellt und auch durch ihren ganzen Aufbau dem Bedürfnis des Anfängers wenig entspricht. Gegenüber den Büchern von Laue, Kopff und Pauli will der Verfasser die mathematische Theorie und ihre Entwicklung aus den physikalischen Grundlagen in den Vordergrund stellen. Das Buch ist C. Neumann gewidmet, „als dem Manne, der durch seine meisterhafte Analyse der Galilei-Newtonschen Theorie das Interesse für ein Problem neu belebt hat, das dann später einen Ausgangspunkt für die Relativitätstheorie gebildet hat“.

Im großen Ganzen schließt sich das Buch an die Originalartikel Einsteins an. Darüber hinausgehend findet sich bloß in §§ 4–5 des Abschnitts „Spezielle Relativitätstheorie“ ein sehr bemerkenswerter Versuch des Verfassers, die Einsteinsche Problemstellung einer neuen kritischen Analyse zu unterziehen: Nachdem auseinandergesetzt worden, daß an Stelle der Newtonschen universalen Zeit eine individuelle und vom Ort abhängige Zeit treten müsse, wird das Problem der Regulierung der Uhren in bezug auf gleiche Ganggeschwindigkeit und auf Synchronismus diskutiert. An Stelle der mehr dogmatischen Fassung in den Originalartikeln tritt hier eine Analyse, die zum Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit hinführt. Der Verfasser betont, daß das Ergebnis des Michelsonschen Versuches sei, daß uns zunächst eine genaue Kenntnis der Gesetze der Lichtfortpflanzung fehle, nachdem uns die alten Theorien im Stiche gelassen hätten. Dieses Unkenntnis wird beseitigt durch das Prinzip oder besser gesagt durch das „Postulat“ der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Der Verfasser wendet sich dabei gegen Laue, der in seinem Buch gesagt hat: „Um so besser kennen wir die Gesetze der Lichtfortpflanzung im Vakuum, ist doch durch den Michelsonschen Versuch mit einer bei sonstigen physikalischen Messungen kaum erreichten Genauigkeit festgestellt, daß sie, bezogen auf alle Systeme, nach allen Richtungen, gleichmäßig erfolgt“, und bemerkt hierzu: „Wir kennen eben nicht das Gesetz der Lichtfortpflanzung, sondern wir treffen darüber eine Festsetzung“. Von Laues Formulierung des Prinzips der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

unterscheidet sich die des Verfassers auch durch ausdrückliche Hervorhebung des Zusatzes, daß die Lichtgeschwindigkeit konstant sei, „unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle“, was schon Einstein besonders betont hatte, Laue aber als selbstverständlich hinzustellen scheint, da die Fortpflanzung des Lichtes im Vakuum stets derselbe Vorgang sei, unabhängig von den Bewegungen der anderen Körper. Hierin scheint dem Verfasser ein Rückfall in die Theorie des substantiellen Fresnelschen Äthers zu liegen.

Interessant ist auch, was Neumann über die Auszeichnung der nach dem speziellen Relativitätsprinzip gleichberechtigten Lorentzsysteme vor anderen Systemen sagt. Da man dabei immer von einem Lorentzsystem ausgehen muß, um zu anderen gleichberechtigten Bezugssystemen mittels einer Lorentztransformation zu gelangen, „so behauptet Einstein wieder nur, daß es ein ausgezeichnetes Raumzeitsystem gibt, derart, daß die Naturgesetze ungeändert bleiben beim Übergang zu geradlinig gleichförmig gegen dieses ein Grundsystem bewegten Systemen“. Aus diesen Überlegungen geht deutlich hervor, daß auch dieser Einsteinschen Theorie noch die Annahme eines bevorzugten Raumzeitsystems zugrunde liegt. Auch der Einsteinschen speziellen Relativitätstheorie liegt also die Vorstellung eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit zugrunde.

Das Buch kann Studierenden zur Einführung in die Theorie empfohlen werden.

Friedrich Kottler, Wien.

Kopff, August, Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. Zweite Auflage, Leipzig, S. Hirzel, 1923. VIII, 204 S. und 3 Abbild.

Nach weniger als zwei Jahren ist schon eine zweite Auflage dieser sehr lesbaren und dabei gründlichen Schrift erschienen. Sie ist gegenüber der ersten nur wenig verändert, da ja die Relativitätstheorie seitdem ihr Aussehen nicht geändert hat. Nur der Paragraph, welcher die Zusammenhänge der allgemeinen Relativitätstheorie mit der Riemannschen Geometrie behandelt, ist umgearbeitet.

Auf eine kleine Inkonsistenz möchten wir aber aufmerksam machen. Die Schrift bringt unter Nr. 296 die Ungleichungen, welche die g_{ik} erfüllen müssen, damit die Zeitachse eine zeitartige, die anderen raumartige Richtungen haben. Nimmt man sie an, so sind dadurch die rotierenden Koordinatensysteme ausgeschlossen, wenigstens für Gebiete weit von der Drehungsachse, welche der Verfasser an anderer Stelle ausdrücklich als berechtigt anerkennt.

M. v. Laue, Berlin.

Wiener, O., Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im Äther. 38. Band der Abhandlungen der mathematisch-physischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Nr. IV. Leipzig, B. G. Teubner, 1921. 87 S. und 9 Abbildungen.

Zur Kennzeichnung des Zieles dieser Schrift sei einiges aus der „Einführung“ derselben angeführt:

Der Verfasser beabsichtigt ein Zurückgreifen auf die physikalischen Bestrebungen des 19. Jahrhunderts, „Vereinheitlichung der Grundvorstellungen und die grundsätzliche Beseitigung der Fernkräfte“. Das 20. Jahrhundert hat „die Kernfrage des 19. Jahrhunderts nach der physikalisch-anschaulichen Natur der Kräfteübermittlung“ (d. h. das Ätherproblem) „mit der Einsteinschen Relativitätstheorie vollständig verlassen und durch eine mehr logische ersetzt, die sich auf erkenntnistheoretische Grundlagen (Mach) stützt“.

Trotz der Vorzüge des Machschen Relativismus, der bloß die wechselseitigen Beziehungen des Beobachtbaren als Gegenstand der Forschung zulassen möchte, zweifelt der Verfasser, ob eine einheitliche Weltanschauung auf Grund rein relativistischer Gedankengänge aufzubauen sei. „Die einfachsten Erfahrungen zwingen uns nämlich, eine Außenwelt anzunehmen. . . Nur, diese ermöglicht nämlich die Ordnung unserer Empfindungsreihen. Den Außendingen haben wir daher eine von uns unabhängige Wirklichkeit zuzuschreiben mit ihnen eigentümlichen Eigenschaften. . . *Kurz, es ist an der Zeit, mit der Wirklichkeit der Außenwelt in der Physik Ernst zu machen.*“

„Man wird daher die Verwendung von solchen Begriffen, verlangen müssen, die den natürlichen Vorgängen selbst zugeordnet sind, Vorgängen, die sich unabhängig von uns abspielen können. Solche Vorgänge sind, wie ich annehme, die Bewegungsvorgänge. . . Ich erkenne den Grundsatz an, daß nur Beobachtbares Gegenstand der physikalischen Betrachtung sein soll, bestreite aber, daß man nur von Relativbewegungen sprechen darf.“

„Die vorliegende Untersuchung geht aus von dem Gedanken der Übertragung der Fernkräfte durch einen zusammenhängenden Stoff, den Äther. Sie geht ferner aus von der Annahme, daß es nur eine Form von Energie gibt, nämlich der Bewegung, wobei man die Vorstellung eines besonderen elektrischen Stoffes entbehren und durch geeignete Bewegungsgebilde ersetzen kann. . . Der Raum ist stetig erfüllt mit einem beweglichen Stoff, die Geschwindigkeitsänderung, jedes materiellen Punktes ist nur bedingt durch seine Eigengeschwindigkeit und den Bewegungszustand in seiner Umgebung (*Grundgesetz*). . . Die Aufgabe ist, die Beschleunigung jedes Teilchens zu finden, wenn die Geschwindigkeit und ihre Verteilung in der Umgebung gegeben ist.“

Friedrich Kottler, Wien.

Metallographische Mitteilungen.

Struktur der Entektika. Wenn zwei Metalle mit einander weder Verbindungen noch Mischkristalle bilden, wenn die binären Legierungen also einfach ein mechanisches Gemenge der beiden Komponenten darstellen, so erfolgt die Erstarrung dieser Legierungen bekanntlich in folgender Weise: Ausgehend von der reinen Komponente A (siehe Fig. 1), sinkt die Temperatur des Beginnes der Erstarrung, mit steigendem B-Gehalt etwa längs der Kurve *ac*. Aus allen Legierungen, deren Gehalt an B den des Punktes *c* nicht überschreitet, scheidet sich aus den Schmelzen zunächst die reine Komponente A aus. Umgekehrt wird auch der Schmelzpunkt der zweiten Komponente B durch Zusatz von A herabgesetzt. Die Temperaturen des Beginnes der Erstarrung liegen in diesem Konzentrationsintervall auf der Kurve *bc* und es scheidet sich aus den Schmelzen zunächst die reine Komponente B aus. Die Kurven *ac* und *bc* sind also *Sättigungskurven* der Schmelzen mit den Kristallen von A resp. von B. Im Punkte *c* schneiden sich nun diese beiden Kurven. Bei der Temperatur und der Zusammensetzung des Punktes *c* ist also die Schmelze zugleich an A und an B gesättigt, die sich also bei der Abkühlung gleichzeitig abscheiden müssen. Es sei erwähnt, daß *c* zugleich die Konzentration der Restschmelze (Mutterlauge) nach der Ausscheidung von A in den A-reichen und von B in den B-reichen Legierungen darstellt, so daß als Abschluß des Kristallisationsvorganges aller

Legierungen eine gleichzeitige Abscheidung von zwei Kristallarten stattfindet.

Dieser gleichzeitige Erstarrungsvorgang führt zur Entwicklung eigenartiger Strukturen, die als *eutektische* bezeichnet werden und in denen die beiden Komponenten sich in feiner wechselseitiger Vermengung befinden. Den Eigentümlichkeiten dieser eutektischen Strukturen ist eine eingehende Untersuchung von F. L. Brady gewidmet, der der diesjährigen Septemberversammlung des Institute of Metals vorgelegt worden ist.

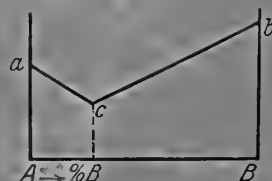


Fig. 1. Die Temperaturen des Beginnes der Erstarrung: mit steigendem B-Gehalt (längs *ac*), mit steigendem A-Gehalt (längs *bc*).

In Fig. 2 ist das Blei-Zinn-Eutektikum (mit 63,5% Zinn) dargestellt. Man sieht, wie die feinen dunklen Bleipartikel in der anscheinend zusammenhängenden Masse des hellen Zinns verteilt sind. Was bei der Betrachtung dieser Struktur zunächst auffällt, ist, daß sie nicht gleichmäßig ist, sondern aus einer Reihe von Gebieten besteht, in deren Mitte sich die feinste Verteilung der Komponente findet, die allmählich gröber wird und am Rande von einem grobkörnigen Saum umgeben ist. Ein derartiges Gebiet, das man als ein *Korn* des Eutektikums bezeichnet, ist in

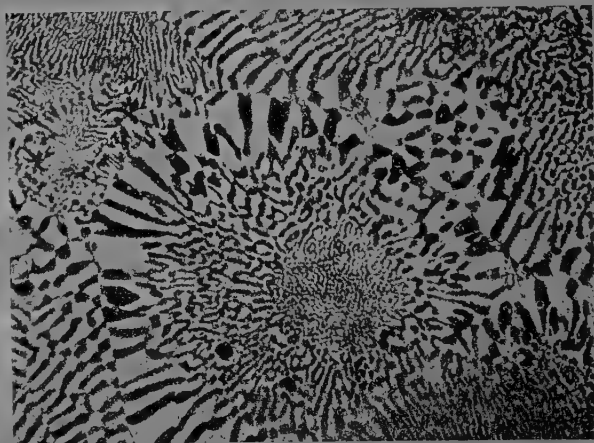


Fig. 2. Blei-Zinn-Eutektikum.

Fig. 2 deutlich zu sehen, ebenso wie auch Teile von anliegenden Körnern. Bei genauer Beobachtung sieht man, daß man zwischen zwei Körnern eine deutliche Grenzlinie verfolgen kann.

Diese Unterteilung des Eutektikums in mehr oder weniger scharf abgegrenzte *Körner* ist ein allgemeine Erscheinung. Eine Reihe von Beobachtungen beweist nun, daß in einem ganzen eutektischen Korn die Orientierung beider Bestandteile eine *einheitliche* ist:

1. Bei geeigneter Ätzung und Belichtung erhält man innerhalb des ganzen Kornes eine einheitliche Färbung jeder Komponente (dislozierte Reflexion), die auf eine einheitliche Orientierung und Gestalt der Ätzfiguren zurückzuführen ist.

2. In manchen eutektischen Strukturen ist die in der geringeren Menge vorhandene Komponente nicht lamellar angeordnet, sondern in Elementen mit einer charakteristischen kristallinischen Begrenzung auf der Schlitzebene z. B. Dreiecke o. dgl. m.). Innerhalb eines Kornes zeigen auch diese Elemente eine einheitliche Orientierung.

3. Bei der Erzeugung von Gleitflächen durch Deformation zeigen diese über zahlreiche Lamellen hinaus (innerhalb eines Kornes) eine parallele Anordnung.

4. Bei der Beobachtung von durchsichtigen eutektischen Präparaten im polarisierten Licht kann die einheitliche Auslöschung beider Komponenten innerhalb des Kornes festgestellt werden (beobachtet z. B. am Mikropegmatit, einem eutektischen Gemenge von Quarz und Orthoklas).

Die in der eutektischen Struktur wahrgenommenen Lamellen der Komponenten sind also nicht einzelne Kristallite, sondern ein eutektisches Korn ist *unigren*, es besteht aus einem einzigen Kristallit der einen Komponente, der von einem ebensolchen Kristallit der anderen Komponente durchwachsen ist.

Hieraus läßt sich ein wichtiger Schluß über die Kristallisation eines *Eutektikums* ziehen. (Die beiden Komponenten kristallisieren nicht etwa intermitierend, sondern *nebeneinander*!), und zwar so, daß jede innerhalb des Kornes ein zusammenhängendes Kristallskelett bildet.

Sehr auffallend ist der in Fig. 2 sichtbare Dispersitätsunterschied innerhalb des einzelnen eutektischen Kornes. *Rosenhain* und *Tucker*¹⁾ haben gezeigt, daß man aus den Schmelzen mit etwa 62,5 bis 63,5 % rein eutektische Strukturen erhält, zunächst im Widerspruch mit der Theorie, die nur bei der Konzentration des eutektischen Punktes eine solche erwarten läßt. Ferner haben *Rosenhain* und *Tucker* festgestellt, daß der ganze Unterschied der Strukturen mit 62,5 und 63,5 % Zinn darin besteht, daß, während in der letzteren Legierung in den grobkörnigen Säumen des eutektischen Kornes, wie man sie in Fig. 2 sieht, das Zinn in der ersteren in den Säumen das Blei vorherrscht. Trotz aller Bemühungen ist es bisher nicht gelungen, für die größeren Randräume und dafür, daß der Überschuß einer Komponente über die eutektische Konzentration sich in diesen Säumen ansammelt, eine befriedigende Erklärung zu finden. *Brady* weist darauf hin, daß diese Erscheinung vielleicht mit der Oberflächenspannung und ihrer Änderung während der Erstarrung zusammenhängt. Das Einzige, was sicher zu sein scheint, ist, daß in den Säumen das Ende der im Inneren der Körner beginnenden eutektischen Kristallisation stattfindet.

Die Erscheinungsformen des eutektischen Gefüges sind recht mannigfaltig; *Brady* unterscheidet lamellares, globuläres, kristallförmiges usw. *Eutektikum* und weist darauf hin, daß die Unterschiede dieser Formen sich im Zusammenhang mit der Oberflächenspannung der Schmelzen der Metalle und mit der Entwicklung der Oberflächen im *Eutektikum* deuten lassen.

Rekristallisation und Diffusion. Es ist bekannt, daß in allen Metallen, die aus der Schmelze erstarrt und weder plastische Deformationen, noch Umwandlungen im festen Zustande erlitten haben, bei der Er-

hitzung keine Rekristallisation stattfindet. Aus den tiefen und außerordentlich weitgehenden Zusammenhängen zwischen der vorangegangenen Deformation und der darauf bei der Erhitzung eintretenden Diffusion wurde von vielen Seiten geschlossen, daß die Rekristallisation als ein Vorgang der Beseitigung des Zwangszustandes, der durch die Verarbeitung im Metall erzeugt war, zu betrachten ist. Daß auch eine Umwandlung in festem Zustande einen Zwangs- oder Spannungszustand hervorzurufen imstande ist und deshalb Rekristallisation zur Folge hat, ist vom Unterzeichneten betont worden.

Durch eine Arbeit über den Einfluß der Diffusion auf die Rekristallisation von *J. H. Andrew* und *R. Higgins*²⁾ werden unsere tatsächlichen Kenntnisse und unsere Anschauungen über dieses Gebiet außerordentlich erweitert. Die Verfasser haben ein Messing mit 60 % Zn und 40 % Cu, das der sogenannten γ -Phase entspricht, in reines Kupfer vergossen und die Diffusion und Veränderung der Korngrößen in diesem Stück verfolgt. Es ist bekannt, daß aus Kupfer und γ -Messing bei Erhitzung auf hohe Temperaturen durch Diffusion ein Zwischenband von β -Messing mit Zinkgehalt um etwa 52 % herum entsteht und daß das Zink überdies in die Kupferphase hineinwandert unter Bildung einer festen Lösung von Zink in Kupfer, des α -Mischkristalles. Dieser Diffusionsvorgang setzte sofort nach dem Vergießen bereits bei der ersten Abkühlung ein. Bei wiederholter Erhitzung auf 800°–850° (im ganzen während 60 Stunden) nahm die bereits entstandene Zone der β -Kristalle schnell an Breite zu. Gleichzeitig wuchsen die gebildeten β -Kristalle sehr erheblich. Es fand in ihnen also *Rekristallisation* statt. Dieses ist allerdings weiter auch nicht verwunderlich, da die β -Kristalle ja unterhalb des Schmelzpunktes durch Neubildung einer Phase, die in diesem Falle einer Umwandlung analog ist, entstanden sind. Das beobachtete Kristallwachstum braucht also nicht eine direkte Folge der Diffusion zu sein.

Hiernach wurde das Versuchsstück während 12 Stunden auf 500° erhitzt. Nach dieser Erhitzung wurde die auffallende Beobachtung gemacht, daß die Größe der β -Kristalle bedeutend abgenommen hatte. Nach einer weiteren Erhitzung auf 550°–575° während 5 Tagen waren die Kristallite der β -Phase noch weiter zerteilt, und auch die Kristallite der kupferreichen α -Schicht hatten an der Grenze mit β eine ziemlich weitgehende Zerteilung erfahren. Gleichzeitig wurde festgestellt, daß Zink durch Destillation auch in entlegene Kupfertelle gelangt und dort *Zwillingsbildung* verursacht hatte.

Alle diese drei beobachteten Tatsachen sind nur im Zusammenhang mit der Diffusion zu erklären, und wir müssen die allgemeine Tatsache feststellen, daß Diffusion auch wenn sie nicht zur Bildung von neuen Phasen führt, Rekristallisation in Metallen hervorrufen kann. Manche Widersprüche aus der älteren metallographischen Literatur werden damit verständlich. Im Gegensatz zu dem heute ziemlich allgemein angenommenen Standpunkt, daß gegossene Metalle nicht rekristallisieren können, ist früher oft das Gegenteil behauptet worden. Sofern nun diese Behauptungen sich auf Beobachtungen an Legierungen stützen, ist es sehr wahrscheinlich, daß in vielen Fällen eine unvollständige Kristallisation des Gleichge-

1) Dieser Schluß ist, wie auch *Brady* erwähnt, bereits von *Vogel*, Z. anorg. Ch. 76, 425, 1912, gezogen worden.

2) Phil. Trans. Roy. Soc. 1909, Vol. 209 A, S. 89.

4) Vortrag vor dem Institute of Metals bei der Herbstversammlung 1922.

wichts bei der Herstellung und eine sich später daran schließende Diffusion die wirklichen Ursachen der Rekristallisation waren.

Die Erklärung des Einflusses der Diffusion auf die Rekristallisation macht keine Schwierigkeiten. Durch das Hineinwandern der Zinkatome in das Kupfer-Raumgitter oder der Zink- und Kupferatome in das Raumgitter der β -Phase wird im Raumgitter aus geometrischen und anderen Gründen ein sehr erheblicher, rein mechanischer Zwang entwickelt, der zuweilen auch zu einer sichtbaren Deformation des Metalles führen kann. Genau, wie das Raumgitter sich bei der gewöhnlichen Rekristallisation dem durch Verarbeitung hervorgerufenen Zwange entzieht, entledigt es sich jetzt des durch Diffusion erzeugten Zwanges durch Umorientierungen, die teilweise durch Zwillingsbildung, teilweise durch Zerteilung der Kristallite vollzogen werden.

Wenn somit die neue experimentelle Tatsache, daß Diffusion im festen Zustande zur Änderung der Kristallitenstruktur, also zur Rekristallisation führen kann, sicher erwiesen ist, so entsteht jetzt die wichtige Aufgabe, die hier herrschenden Gesetzmäßigkeiten näher zu untersuchen. Die Verfasser kündigen weitere Arbeiten in dieser Richtung an.

Beeinflussung der Unterkühlung durch Deformation.

Bekanntlich findet in einem kohlenstoffhaltigen Eisen bei der Abkühlung der Übergang aus der flächenzentrierten γ -Form in die raumzentrierte Form des α -Eisens unter gleichzeitiger Ausscheidung beinahe des gesamten Kohlenstoffes in der Form des feinverteilten lamellaren Cementits statt. Mit dem gleichzeitig ausgeschiedenen α -Eisen, dem Ferrit, bildet dieser das Eutektoid, den sogenannten Perlit. Die Temperatur, bei der man während der Abkühlung eines Stahles die die Perlitbildung anzeigende Wärmeentwicklung (Rekaleszenz) beobachtet, bezeichnet man in der metallographischen Praxis als Ar 1. Diese Temperatur Ar 1 liegt nicht unwesentlich tiefer, als die Temperatur Ac 1, bei der während der Erhitzung umgekehrt die Wärmebindung eintritt, welche die Bildung des γ -Eisens mit Kohlenstoff in fester Lösung anzeigt, und zwar um 10° bis mehrere Hundert Grad, je nach den Arbeitsbedingungen und der Art des Materials. Da theoretisch beide Punkte Ar 1 und Ac 1 etwa bei 715° — 720° zusammenfallen müßten, so ist ihre Divergenz auf Verzögerungserscheinungen zurückzuführen, die zweierlei Charakter haben können. Wie jede Neubildung einer kristallinen Phase, so erfolgt auch die Bildung des α -Eisens resp. des Cementits bei der Abkühlung und des γ -Eisens bei der Erhitzung durch Kernbildung, indem an einzelnen Stellen Keime der neuen Phase entstehen, die dann weiter wachsen. Diese Art der Entstehung und des Wachstums begreift schon eine Verzögerung in sich, auf der die so oft beobachteten Unterkühlungen bei der Bildung von Kristallphasen beruhen. Eine Verzögerung bei der Entstehung von α -Eisen kann also darauf beruhen, daß die Keimbildung verzögert wird oder zunächst praktisch ganz ausbleibt. Wenn man die Beobachtungen bei fallender Temperatur anstellt, so wird man auf diese Weise die (Ar 1 bei zu tiefer Temperatur wahrnehmen. Bei der Erhitzung spielt vermutlich die Verzögerung der Kernbildung wegen der bei der höheren Temperatur höheren molekularen Beweglichkeit nur eine geringere Rolle.

Außer der eben betrachteten Verzögerung infolge Ausbleibens der Keimbildung, die wir vielleicht als thermodynamische bezeichnen können, tritt bei den

Punkten Ar 1 und Ac 1 beim Eisen auch nach eingetretener Keimbildung eine kinetische Verzögerung auf, die erstens darauf beruht, daß die linearen Wachstumsgeschwindigkeiten der entstehenden Kristalle nur begrenzt sind, und zweitens darauf, daß zwischen den verschwindenden und den sich bildenden Phasen Konzentrationsunterschiede bestehen, die durch Diffusion beseitigt werden müssen. Diese erfolgt aber in kristallinen Metallen verhältnismäßig langsam. — Es ist klar, daß diese kinetischen Verzögerungen in noch stärkerem Maße, als die thermodynamischen von der Abkühlungsgeschwindigkeit abhängen müssen.

Whiteley (Vortrag vor der Versammlung des Iron and Steel Institut, September 1922; Engineering Sept. 29, 1922, S. 416) beschreibt nun einige Versuche, die den Einfluß der mechanischen Deformation auf die Unterkühlung bei Ar 1 behandeln. Zunächst weist er darauf hin, daß beim Stahl eine Unterkühlung im thermodynamischen Sinne als sicher nachgewiesen gelten kann. Ein Stück weichen Stahles wurde, nach einer Erhitzung auf 900° , eine halbe Stunde bei 695° gehalten. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die Bildung des Perlits noch so gut wie gar nicht eingesetzt hatte.

Wurden nun Stücke dieses Stahles bei 695° gehämmert oder gebogen, so zeigte es sich, daß danach die Perlitbildung nach weiterer Erhitzung während 10 Minuten auf 695° und Abschreckung so gut wie vollständig abgeschlossen war, während sie in den Vergleichsstücken, die keine Deformation erlitten hatten, noch kaum begonnen hatte. Die Deformation vermag also die Unterkühlung aufzuheben.

So interessant diese Feststellung ist, es muß bemerkt werden, daß sie im Prinzip durchaus nicht neu ist. Es ist seit längerer Zeit bekannt, daß Spezialstähle, die sogenannten Übergangscharakter haben — das heißt bei gewöhnlicher Abkühlung leicht Übergänge der austenitischen unterkühlten γ -Struktur in die martensitische α -Struktur zeigen — wenn sie im austenitischen Zustand hergestellt sind, durch Deformationen leicht gehärtet werden und in den martensitischen Zustand übergehen.

Der Vorgang, auf dem der Einfluß der Deformation auf die Unterkühlung beruht, ist noch durchaus unklar. Der Hinweis von Whiteley, daß unterkühlte Flüssigkeiten durch Erschütterung auch zur Kristallisation gebracht werden können, hat zunächst nur die Bedeutung einer Analogie.

G. Masing.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Birds and mammals of the Stikine river region of northern British Columbia and southern Alaska. (H. S. Swarth, Univ. California Public. in Zool. Vol. 24, Nr. 2, 125—314, Tab. 8, Textfig. A—Z, AA—III. Berkeley, Calif., 1922.) In jener Gegend Nordamerikas, wo sich das südliche Alaska in schmalen Streifen vor Britisch Columbia schiebt, ist die Fauna des Küstengebietes deutlich verschieden von der des Inneren, wobei die Grenzlinie der beiden Faunen nahe der Küste verläuft. Um die faunistischen Verhältnisse jener Gegend zu studieren und gleichzeitig Material aus dem Inneren von Britisch Columbia zu sammeln, sandte das Museum of Vertebrate Zoology der Universität Californien im Jahre 1919 eine Expedition nach dem Stikinefluß aus. Diese begann ihre

Tätigkeit im Binnenlande beim Einfluß des Telegraph Creek, wo der Stikine schiffbar wird, und sammelte und beobachtete in einer Anzahl von Stationen flußabwärts bis nach Sergief Island, in der Mündung des Flusses. Das gesammelte Material bestand aus 534 Säugetieren, 638 Vögeln, 24 Gelegen (meist mit Nestern) und 70 Amphibien.

Der Stikinefluß entspringt im nördlichen British Columbia aus Quellwässern, die auch den Liard, einen Nebenfluß des Mackenzie, speisen und weiterhin Flüssen ihren Ursprung geben, die sich in den Yukon ergießen. So bilden jene Höhenzüge eine dreifache Wasserscheide, zwischen Flußsystemen, die sich dem arktischen Meere zuwenden, solchen, die ihre Wasser dem Beringsmeer zuführen und endlich von Flüssen, wie der Taku, Stikine und Skeena, die parallel zueinander und die Gebirgskette der Küste durchbrechend dem Stillen Ocean zu eilen. Nachdem der Stikine eine Strecke weit ungefähr dem 58. Breitengrad entlang nach Westen geflossen ist, wendet er sich dort, wo er den Telegraph Creek aufnimmt, nach Südwesten und dann nach Süden. An der Grenze von Alaska biegt er scharf nach Westen um und erreicht das Meer nahe der Stadt Wrangell in dem Inselgewirr des Alexanderarchipels.

Der Sitkadistrikt des südlichen Alaskas ist charakterisiert durch außerordentliche Feuchtigkeit und relativ ausgeglichene Temperaturen. Durchschnittlich 200 Regentage im Jahre liefern Niederschlagsmengen, die in manchen Gegenden 100 Zoll = 254 cm und mehr erreichen. Die Vegetation ist dichter Coniferenwald, mit Unterholz von nahezu tropischer Fülle. Dieser Distrikt umfaßt die vorgelagerten Inseln und einen schmalen Küstenstreifen, der sich bis zum Kamm des der Küste entlangstreichenden Gebirgszuges erstreckt. Nach dem Inneren von diesem Bergzuge aus hat die Landschaft einen ganz anderen Charakter. Der Regenfall ist so gering, daß an manchen Stellen das Kulturland künstlich bewässert werden muß, die Temperaturschwankungen sind groß, Nadelwald ist zwar auch genügend vorhanden, doch überwiegt der Laubwald. Dementsprechend ist auch die Fauna der beiden Distrikte verschieden. Das Flußtal des Stikine, das älter ist als die Bergkette und sich bei deren Erhebung einen Weg genagt hat, bildet einen verbindenden Paß für die beiden verschiedenen Faunen. Die diluviale Vereinigung hatte das Tierleben aus den beiden Distrikten verdrängt und als es wich, eröffnete sich für die Tiere ein Rückweg von Süden, später auch von Norden beiderseits der Bergkette zu einer Zeit, als die Berge noch vereist waren. Da diese auch heute noch beträchtliche Eismassen in Form von Gletschern tragen, kann die Zeit nicht so lange zurückliegen, in der das ganze Flußtal noch eisblockiert war. Als dann das Tal und seine Paralleltäler passierbar wurden, benutzten die Arten der beiden Gebirgsseiten diese Wanderstraßen, soweit es die übrigen Umstände erlaubten.

Die Zugvögel der beiden Gebirgsseiten wandern entlang der Kette und überschreiten sie in der Regel nicht. Ob manche Vögel des Küstendistriktes, die nach dem Binnendistrikt vorgedrungen sind, bei ihren Wanderungen dem Flußlauf folgen, ist noch nicht klar.

Bei Hochwasser bringt der Fluß eine Menge von Driften mit, die als Verbreitungsmittel für kleine Säuger dienen; so erklärt es sich, daß viel mehr Formen des Binnendistriktes nach dem Küstendistrikt vorgedrungen sind, als umgekehrt.

Während der Fluß also als Verbindungsweg zwischen den beiden Distrikten wirkt, bildet er nirgends eine Schranke für nord-südliche Ausbreitung.

Denn nirgends ist durch ausgedehnteres Vorland ein trennender Streifen, breiter als der Fluß, zwischen Norden und Süden geschoben und im Winter gestaut die Eisdecke, die fast bis zur Küste reicht, ein Wandern von einem Flußufer auf das andere.

Es scheint, als hätte die allgemeine Auffassung der Sitkadistrikt gehöre zur kanadischen Faunenzone nicht: Die Fauna unterhalb der arktisch-alpinen Region in den Bergen macht vielmehr einen hudsonischen Eindruck, mit starker Beimengung, wenigstens im Süden, von kanadischen Elementen. Im Binnendistrikt ist die zonale Zugehörigkeit der Fauna schwieriger festzustellen. Im allgemeinen erweckt die Tierwelt einen südlichen Eindruck, entsprechend dem Umstande, daß die Gesamtwärmemenge im Verlaufe des Jahres größer ist, als an der Küste. So zeigt es sich, daß die Vögel, die an der Küste in Südhöhe vorkommen, nach dem Binnendistrikt hin immer mehr in die Berge steigen, eine Erscheinung, die ihre Parallele in der Pflanzenwelt findet. Bei Vögeln sowohl wie bei Säugern sind es manchmal verschiedene Subspecies, die an der Küste und im Binnenlande diese Verschiedenheit in der Höhenlage ihres Vorkommens zeigen. Die Beobachtungen der Expedition im Verein mit den Ergebnissen anderer Forscher scheinen darauf hinzu deuten, daß im nördlichen British Columbia kanadische Elemente gegenüber den hudsonischen vorherrschen. Die Region des Binnenlandes, die an die Bergkette anstößt und sich, noch unentschieden, wie weit, nach dem Inneren hin erstreckt, scheint als eigener Faunendistrikt betrachtet werden zu müssen, für den der Name Cassiar district geprägt wird.

Den allgemeinen Betrachtungen folgt eine Liste der Säugetiere und Vögel, die ausgedehnte Einzelnotizen systematischer, faunistischer und biologischer Natur enthält.
C. Zimmer.

Vom Biber an der Elbe. (A. Hortens, Berlin, Gebrüder Bornträger, 1922, 61 S.) Der Verfasser, der als Direktor des Museums für Natur- und Heimatkunde und als Geschäftsführer des Sächsischen Provinzial-Komitees für Naturdenkmalpflege in Magdeburg reichlich Gelegenheit hatte, dem seltenen Tiere zu begegnen, auch zahlreiche erschlagene Stücke zu untersuchen, gibt hier eine Zusammenstellung seiner mehr als dreißigjährigen Beobachtungen über den Biber und seine Lebensweise.

Das Verbreitungsgebiet des Bibers erstreckt sich von oberhalb Wittenbergs bis unterhalb Magdeburgs. Bevorzugt werden die stillen, waldumrauschten Altwässer. Dort leben etwa 200 Stück des seltenen Tieres, das jetzt als erstklassiges Naturdenkmal anzusehen ist und daher geschützt wird.

Der Elbbiber ist das größte Nagetier der alten Welt. Seine Körperlänge erreicht etwa 1 m, wozu noch 25 bis 30 cm für den Schwanz kommen. Als höchstes Gewicht sind 33 kg festgestellt. Der Körper ist plump, der Bauch hängt tief herab und berührt fast den Boden; der Schwanz schleift auf der Erde nach. Der oben flache Kopf verschmälert sich zu einer runden Schnauze. Die kurzen Beine, von denen die hinteren viel kräftiger und auch länger sind als die vorderen, haben 5 Zehen mit breiten Krallen, die an den Hinterfüßen fast nagelartig sind. Die zweite Hinterzehe trägt eine doppelte Kralle. Die Hinterfüße besitzen eine feste Schwimmhaut. Der Schwanz ist im vorderen Teile noch walzenförmig, dann aber von oben nach unten flach zusammengedrückt und länglich eiförmig. Die kleinen Ohren sind auf der Innenseite der Muscheln behaart, die Augen besitzen eine Nickhaut.

die Nase kann durch Muskeln in den Flügeln geschlossen werden: alles Zeichen für die Fähigkeit des Tieres, im Wasser längere Zeit auszuhalten. Es ist beobachtet, daß es in ruhiger Lage gegen $\frac{1}{4}$ Stunde unter Wasser liegen kann; beim Schwimmen unter Wasser muß es jedoch nach etwa 2 Minuten an die Oberfläche kommen, um zu atmen. Ermöglicht wird dies durch die großen Lungen und starke Erweiterungen der Aorta und der großen Hohlvene, die den Blutdruck regeln. Das Gebiß ist ein echtes Nagetiergebiß mit mächtigen, scharfschneidigen Nagezähnen. Der Pelz ist sehr dicht, von brauner Farbe; der Schwanz ist in seinem unteren Teile nackt, schuppig. Eigentümlich sind die bei beiden Geschlechtern vorkommenden Geißsäcke und Öldrüsen, die in eine kloakenartige Vertiefung am Ende des Körpers zugleich mit den Geschlechtsorganen ausmünden. Das Gesicht ist nur schwach, das Gehör und der Geruch besser entwickelt.

Die Nahrung besteht nur in Pflanzenkost: Baumrinde, Wurzeln von Seerosen, Schilf, sowie, besonders im Sommer, aus saftigen Kräutern, selbst zartem Gras; niemals aber werden Fische gefressen. Um die Baumrinde zu erhalten, werden selbst starke Bäume vom Biber gefällt, indem die Stämme sanduhrartig angeschnitten werden und dann umstürzen. Dünnere Stämmchen und Zweige werden glatt in schräger Richtung abgeschnitten. In den letzten Jahren haben die Tiere auch Zucker- und Futterrüben angenommen.

Die Wohnung des Bibers ist ein unterirdischer Erdbau im hohen Ufer, der weite Röhren und einen Kessel enthält. Ebenfalls erst in letzter Zeit werden auch „Burgen“ angelegt, die meist dicht am Ufer, einmal auch im freien Wasser stehen und eine trockene Wohnkammer enthalten. Sie werden aus zurechtgeschnittenen Holzstücken errichtet und mit Schilf und Schlamm gedichtet. Aus demselben Stoffe baut der Biber auch Dämme durch das Wasser, um dessen Stand zu erhöhen, damit er darin schwimmen kann. Landburgen sind seltener und dienen zum Schutze gegen Sicht.

Die Vermehrung des Bibers ist nur gering; meist werden 2–4, selten einmal 5 Junge geworfen.

Den Schluß der Arbeit bilden die Maßnahmen, die diesem Schutze dienen. Betont wird, daß es eine Ehrenpflicht des deutschen Volkes ist, das seltene Tier, trotz mancher Schäden, die es durch das Schneiden von Holz und durch seine Wühlarbeit anrichtet, für die Zukunft zu erhalten.

Autoreferat.

Gab es schon vor Helmholtz einen Augenspiegel? (*H. Erggelet*, Zit. f. ophth. Opt. 1923, II, 1–9, mit 1 Tfl. in Lichtdr.). Ein Hamburger Nervenarzt, Dr. J. Drüseke, stieß in seinem Berufe auf die Spur eines vor ihm völlig verborgenen Erfinders *Erich Dahlfues*. Unter seinen Anverwandten bestand der Glaube, er habe 1844, also sieben Jahre vor *Helmholtz*, einen Augenspiegel erfunden. Bereits J. Drüseke ging diesen Angaben nach und berichtete darüber am 6. XI. 21 auf der Bremer Tagung von Nervenärzten. Dabei konnte er einen wichtigen Brief des Erfinders vom 5. V. 1844 in treuer Wiedergabe vorlegen. Andere Einzelheiten wurden von Herrn *Focke*, einem bewährten Kenner der Bremer Stadtgeschichte, am 11. XII. 21 in den Bremer Nachrichten niedergelegt, und wir sind dadurch über den Entwicklungsgang und das spätere Leben des Mechanicus und Opticus *Johann Erich Dahlfues*

(* 1799, † 1862) einigermaßen unterrichtet; eingehende Angaben über das in Frage stehende Gerät ließen sich aber nicht mehr zusammentragen. Der Verfasser des vorliegenden Aufsatzes gibt die vorhandenen Berichte vollständig oder im Auszug wieder — der wichtigste Teil des Briefes findet sich auf der Tafel — und hat sich auch selber bemüht, durch weitere Anfragen in Bremen einzelne Angaben aufzuklären oder zu vervollständigen. Seine besondere Leistung aber besteht in einer mit größter Sorgfalt und eingehender Sachkenntnis durchgeführten Wertung aller vorausgehenden Angaben. Danach lehnt er die Vermutung, jenes Gerät sei ein Augenspiegel gewesen, aus Gründen ab, die sowohl in bestimmten Mitteilungen des Erfinders und in der Zeichnung liegen, als auch aus dem Fehlen gewisser Angaben und namentlich dem einer späteren Verwahrung seiner Erfinderschaft entnommen werden können. Er deutet vielmehr die Zeichnung und die gleichzeitigen Berichte von der Aufnahme des Geräts durch die Bremer Augenärzte auf eine Einrichtung zur Erleichterung entoptischer Beobachtungen. Damit weist er *E. Dahlfues* eine recht ansehnliche Stellung in der Geschichte der physiologischen Optik zu, indem seine Zeichnung der Hauptquelle für entoptische Beobachtungen, dem entsprechenden Büchlein *J. B. Listings*, um ein Jahr vorausging.

Über den Grad der Genauigkeit von Messungen an stereoskopischen Röntgenbildern nach der Methode von Hasselwander. (*Fr. Bechert*, Anat. Anz. 1923, 56, 305–338, 10+ [1. II.]). Um sich ganz im allgemeinen auf dem Gebiete der Raumbildmessung an Strahlenabbildern zurechtzufinden, sei der Leser auf die Besprechung der Trendelenburgschen Schrift (diese Zt. 1917, 5, 732–4 v. 7. XII.) verwiesen. Zieht er nun gar diese Schrift selber und die darin angeführten, z. T. bis in die eigentliche Blütezeit der Stereoskopie zurückreichenden Quellschriften zu Rate, so wird er einen deutlichen Einblick in die hier vorliegende Aufgabe erhalten. Auch der Verfasser gibt auf den Seiten 308 bis etwa 316 eine entsprechende Darstellung, um die Schwierigkeiten hervorzuheben, die dem Neuling in der Raumbildmessung selbst und in der eigentümlichen Anlage des Auges entgegenstehen können. Wie der Titel sagt, ist der Hauptzweck der vorliegenden Arbeit eine Genauigkeitsprüfung des von A. Hasselwander vorgeschlagenen und im Felde geprüften Geräts, das jetzt von *Stiefenhofer* in München gebaut wird. Der Verfasser wendet sich gelegentlich gegen die von W. Trendelenburg vertretenen Ansichten. Seine Messungen wurden an dem Kantenwerk eines Würfels und ferner an einem Kindesschädel vorgenommen; dabei verglich er 1. die Mittelwerte (aus je zehn Ablesungen), wie sie am Raumbild oder durch mechanische Messungen am Gegenstande selbst erhalten wurden, 2. die Unterschiede dieser Mittel voneinander und 3. die Schwankungen innerhalb jeder Zehnergruppe. Die Sorgfalt, die der Verfasser auf diese Feststellungen verwandt hat, wird durch ein Ergebnis belohnt, das ihn im Hinblick auf die Genauigkeit wohl befriedigt und weit unter den von R. Martin an anthropologischen Messungen zugelassenen Fehlern bleibt.

Wenn der Verfasser zum Schluß die Hoffnung ausspricht, daß in Zukunft Anatomie, Anthropologie und Physiologie aus Raumbildmessungen Vorteil ziehen werden, so kann man sich ihm nur anschließen.

Moritz von Rohr.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 13. (Seite 237—260.)

30. März 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Physikochemische Probleme der Protoplasmaforschung. Von *Friedrich Czapek*, Leipzig. S. 237.

Über das Verbleichen der Farben. Von *P. Kraus*, Dresden. S. 243.

Die Hilfsmittel zur Messung der Sonnenstrahlung. Von *R. Dietzius*, Wien. S. 246.

Die Entwicklung der Brille. X. Von *M. v. Rohr*, Jena. S. 249.

Besprechungen:

Stavenhagen, A., Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. 2. Auflage. Von *R. J. Meyer*, Berlin. S. 252.

Vanino, Ludwig, Handbuch der präparativen Chemie. I. Band. Anorganischer Teil. 2. Auflage. Von *R. J. Meyer*, Berlin. S. 252.

Vanino, Ludwig, Handbuch der präparativen Chemie. II. Band. Organischer Teil. 2. Auflage. Von *M. Bergmann*, Dresden. S. 252.

Kneser, Adolf, Die Integralgleichungen und ihre Anwendungen in der mathematischen Physik. Von *Ernst Lamla*, Berlin. S. 253.

Cappeller, Moritz Anton, Prodrömus Crystallographiae. Von *P. P. Ewald*, Stuttgart. S. 254.

Bohr, N., Über die Quantentheorie der Linienspektren. Von *A. Landé*, Tübingen. S. 254.

Walker, James, Einführung in die physikalische Chemie. 3. Auflage. Von *K. Fajans*, München. S. 254.

Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 4. Auflage. Von *F. Paneth*, Berlin. S. 255.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Das Blei-Bogenspektrum. Von *Walter Grotrian*, Berlin-Potsdam. S. 255.

Untersuchungen an Sn-Einkristalldrähten. Von *H. Mark*, *M. Polanyi*, *E. Schmil*, Berlin-Dahlem. S. 256.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die Durchbruchstäler der Südkarpathen. Alte Züge im Landschaftsbilde der Ostalpen. Reisen im südlichen Albanien. Finnland. S. 257.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Neue Beiträge zur Zodiakallichtforschung. S. 259.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Mikrobiologisches Praktikum. Von Prof. Dr. **Alfred Koch**, Direktor des Landwirtschaftlich-Bakteriologischen Instituts der Universität Göttingen. Mit 4 Textabbildungen. (VIII, 110 S.) 1922. G. Z. 3,6

Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden**, o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle a. S. Vortrag, gehalten an der 94. Jahresversammlung der Schweizer Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn. Zweite Auflage. (37 S.) 1916. G. Z. 1

Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier. Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden**, Direktor des Physiologischen Institutes der Universität Halle a. S. (XI, 128 S.) 1912. G. Z. 3,60

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für April 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck- für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, Konten für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Listen frei!

Projektionsapparate Liesegang**Neu!****Janus-Epidiaskop****Neu!**

(D. R. Patent 366 044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von Papier- und Glasbildern.

An jede elektrische Leitung anschließbar! Leistung vorzüglich!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach 124

**Hermann Meusser**

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

hält die gesamte naturwissenschaftliche Literatur auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preiswert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu Kaufen gesucht. Angebote unter Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

Der April-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 4800.— zuzüglich M. 240.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, M. 6.— Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise für das II. Vierteljahr 1923 sind dieselben wie die für das I. Vierteljahr 1923.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Brille als optisches Instrument.

Von Moritz von Rohr, Professor in Jena, Dr. phil., wissenschaftlichem Mitarbeiter bei Carl Zeiß in Jena. Dritte Auflage. Mit 112 Textabbildungen. (XIV, 254 S.) (Aus Graefe-Saemisch, Handbuch der gesamten Augenheilkunde.) 1921. G. Z. 8; in Ganzleinen gebunden G. Z. 11

Die Grundzahl (G.Z.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Physikochemische Probleme der Protoplasmaforschung¹⁾.

Von Friedrich Czapek †, Leipzig.

Mehr als drei Dezennien hindurch ist der Ruhm des Botanischen Instituts der Universität Leipzig von dem glänzenden Namen *Wilhelm Pfeffers* getragen worden. An dreihundert junge und ältere wissenschaftliche Mitarbeiter aus allen Ländern scharten sich während dieser langen Zeit um den großen Meister der Forschung, und wichtige Fortschritte auf allen Gebieten der Pflanzenphysiologie sind aus *Pfeffers* Institut hervorgegangen. Die eigenen Schöpfungen, welche der eminenten Begabung und Arbeitskraft *Pfeffers* in seiner Leipziger Tätigkeit entsprangen, gehören zu dem Größten, das die Pflanzenphysiologie je geschaffen hat, und wir dürfen nicht hoffen, in naher Zeit einen Forscher wiederzufinden, welcher *Pfeffers* Bedeutung für die gesamte Physiologie auch nur annähernd erreicht.

Wenn wir heute in Gedanken an den mächtigen Genius *Wilhelm Pfeffers* die lange Reihe seiner bewunderungswürdigen Arbeiten an unserem geistigen Auge vorüberziehen lassen, so heftet sich der Blick immer wieder auf *Pfeffers* intensive Beschäftigung mit den physikalischen Vorgängen im lebenden Protoplasma der Pflanzenzelle, welche zeitlebens einer seiner Lieblingsgegenstände geblieben ist, seit er 1877 in seinen berühmten osmotischen Untersuchungen das Problem von dem Entstehen der erstaunlich hohen hydrostatischen Druckkräfte in lebenden Pflanzenzellen erfaßt und voll gelöst hatte. Eines seiner bedeutungsvollsten späteren Werke bilden die 1890 in den Abhandlungen der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften veröffentlichten Untersuchungen „Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vacuolen nebst Bemerkungen über den Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge“, die gewissermaßen den Epilog zu den fundamentalen osmotischen Untersuchungen bilden. Die Entstehung dieses Werkes fällt kurz vor die Zeit, in welcher ich zuerst *Pfeffers* Institut zu Leipzig betrat, in eine wissenschaftliche Periode, welche den jungen Forschern von damals durch die großartige Entwicklung der physikalischen Chemie für immer denkwürdig bleiben wird. Im Botanischen und Physikalisch-chemischen Institute unserer Universität sah man die Begründer dieser Wissenschaft: *Svante Arrhenius* und *J. H. van't Hoff*,

¹⁾ Antrittsvorlesung, gehalten am 6. Juni 1921 an der Universität Leipzig. Aus dem Nachlaß.

Wilhelm Ostwald und *Pfeffer* in regem persönlichen Verkehr; Eindrücke, die uns für das ganze Leben nachhaltig geworden sind. Meine späteren Bemühungen, weitere Einblicke in die Physikochemie des lebenden Protoplasmas zu gewinnen, reichen in ihren ersten Wurzeln in die damalige Zeit zurück.

So sei es mir am heutigen Tage, an welchem mir die Philosophische Fakultät der Universität Leipzig die hohe Ehre erweist, mich unter ihre Mitglieder aufzunehmen, gestattet, an die Arbeiten meines großen Lehrers und Meisters anknüpfend Ihnen einige Ergebnisse und Probleme aus dem Gebiete der Protoplasmaphysiologie vorzuführen.

Die mikroskopisch kleinen Kämmerchen oder Bläschen, aus denen sich ein Pflanzenkörper aufbaut, und die wir Zellen nennen, bestehen aus einer dünnen, durchsichtigen, wasserdurchtränkten elastischen, aus Cellulose zusammengesetzten Hülle, der Zellhaut, welche den eigentlichen lebenden Zellinhalt einschließt. Der letztere ist die zähschleimige Masse des Cytoplasmas mit dessen Zellkern und den grüngefärbten Chlorophyllkörnern, welche wesentlich die Bildung neuer organischer Substanz besorgen. In der erwachsenen Pflanzenzelle bildet das Zellplasma eine hohle Blase, welche der Zellhaut anliegt und einen Saft Raum, die Zellvacuole, einschließt. Der Zellsaft steht unter hohem Flüssigkeitsdruck, wodurch das Cytoplasma der Zellhaut angepreßt wird. *Pfeffers* klassische Untersuchungen haben zuerst erwiesen, daß dieser Zellsaftdruck auf osmotischem Wege zustandekommen muß, indem das Cytoplasma zwar Wasser von außen sowohl wie von innen leicht hindurchläßt, nicht aber die im Zellsaft gelösten Stoffe; es wirkt als halbdurchlässige Membran. Das intakte lebende Plasma ändert seine Konsistenz nicht durch die Berührung mit dem äußeren wässerigen Medium, aber auch nicht durch die stete Berührung mit dem Zellsaft. Diesen Mangel an Mischbarkeit und übergroßer Quellbarkeit erklärt man durch die Annahme von Grenzschichten, einer äußeren Plasmahaut und einer Vacuolenhaut. Für die Stoffaufnahme von außen kommen nach der herrschenden durch *Pfeffer* begründeten Theorie nur die semipermeablen Eigenschaften der äußersten Cytoplasmaschicht in Frage. Die Stoffabgabe aus der Zelle wird hingegen außerdem auch durch die Vacuolenhaut beeinflusst. So beruht die Gesamtheit der Erscheinungen des Stoffwechsels der Zelle mit der Außenwelt auf der Halbdurchlässigkeit der

lebenden Plasmahäute. Erst mit der Abtötung (Gerinnung) des Cytoplasmas wird die Plasmahaut wahllos durchlässig, und es können nun Farbstoffe, Zucker und Säuren den toten Zellen entströmen. Die aus Cellulose bestehende äußere Zellhaut ist im Leben wie im Tode der Zelle weitgehend durchlässig für die verschiedensten gelösten Stoffe.

Das Problem der Halbdurchlässigkeit der lebenden Plasmahaut ist in den letzten dreißig Jahren besonders durch die 1895 von *Ernst Overton* aufgestellte Hypothese, die man kurz als „Lipoidtheorie“ bezeichnet, zu einem experimentell näher geprüften Gebiet geworden. *Overtons* Versuche haben es außer Zweifel gesetzt, daß zwischen der Durchlässigkeit der lebenden Plasmahaut für verschiedene gelöste Stoffe und der Stofflöslichkeit in organischen Flüssigkeiten, wie Alkohole, Äther, besonders aber fetten Ölen, eine weitgehende Parallele besteht. Fast gleichzeitig hat *H. Horst Meyer* darauf hingewiesen, daß auch die Anhäufung der Narkotika in den fettreichen nervösen Zentralorganen der Tiere der Fettlöslichkeit der narkotisch wirksamen Substanzen parallel geht. Offenbar ist die Zelle deswegen den fettlöslichen Narkotica gegenüber geradezu wehrlos und wird von denselben um so stärker überschwemmt, je fettreicher sie ist, ohne ein Mittel zur Regulation des Eindringens zu besitzen. *Overton* und spätere Forscher zeigten ausführlich, daß von den verschiedenen chemischen Stoffgruppen die Alkohole sowie die Fettsäuren und deren esterartige Verbindungen am leichtesten in lebende Zellen aufgenommen werden, fast ebenso leicht die Alkaloidbasen, deutlich langsamer werden die zweiwertigen Alkohole und die Säureamide aufgenommen, noch träger treten Glycerin und Harnstoff ein, noch langsamer der vierwertige Zuckeralkohol Erythrit, am langsamsten endlich von allen organischen Verbindungen die verschiedenen Zuckerarten, die Aminosäuren und viele Neutralsalze organischer Basen und Säuren. Die Teerfarbstoffe verhalten sich im allgemeinen der *Overtonschen* Regel entsprechend. Ist, wie es vielfach vorkommt, ein Farbstoff lipoidlöslich, hingegen seine Sulfosäure ausgeprägt wasserlöslich, so permeiert letztere nicht in lebende Zellen, während der fettlösliche Farbstoff leicht eindringt. Allerdings scheinen sich bei der Farbstoffaufnahme, wie die vielen späteren Arbeiten von *Höber*, *Ruhland*, *Küster* u. a. gezeigt haben, verschiedene Faktoren zu kreuzen, da es einige lipotrope Farbstoffe gibt, welche nicht vital färben, und andererseits nicht lipotrope Farbstoffe durch die Plasmahaut deutlich eindringen. Im allgemeinen gilt wohl die von *Ruhland* aufgefundene Regel, daß die Aufnahme sich umgekehrt verhält wie die Molekulargröße, und daher hochkolloide Farbstoffe das langsamste oder gar kein Permeieren zeigen.

Als Reagens auf Permeabilität hat man außer

der Anfärbung durch vitale Farbstoffe auch intravitale Niederschlagsbildungen, bei denen besonders gerbstoffartige Körper des Zellsaftes beteiligt sind, und auch, bei Giften, den eintretenden Zelltod verschiedenfach herangezogen. *Overton* hat hierzu ferner die Erscheinung der Plasmolyse sehr glücklich ausgewertet. Wenn ein Stoff die Plasmahaut praktisch nicht passieren kann, so wird sich das osmotische Gleichgewicht zwischen Zellsaft und Außenlösung nur durch Wasseraustritt aus der Zelle herstellen können. Dies muß natürlich eine Volumenverkleinerung der Zellvacuole und eine Abhebung des Cytoplasmaschlauches zur Folge haben, was man mikroskopisch leicht feststellen kann. Für einen nicht permeierenden Stoff kann man nach dem Vorgange von *de Vries* leicht jene Konzentration sehr scharf ausfindig machen, welche eben sichtbare Plasmolyse hervorruft; dies ist die sogen. plasmolytische Grenzkonzentration dieses Stoffes. Sie bedeutet praktisch den osmotischen Wert des Zellsaftes, da offenbar ihr osmotischer Druck eben merklich größer ist als der osmotische Druck des Vacuolensaftes. Zellsaft und Außenlösung sind ungefähr isotonisch. Wenn nun aber eine Substanz merklich permeiert, so wird offensichtlich zur Plasmolyse eine viel größere Konzentration nötig sein, so wie man zur Füllung eines lecken Gefäßes einen Überschuß von Flüssigkeit zuströmen lassen muß. Ist endlich mit einer Lösung unter gar keinen Umständen Plasmolyse zu erreichen, so ist die Plasmahaut in höchstem Grade für den gelösten Stoff durchlässig. Letzteres trifft z. B. für Alkohol zu, welcher in Konzentrationen, die theoretisch stark plasmolysieren sollten, keine Plasmolyse erzeugt, und zwar bei Verdünnungen, die noch lange nicht den Tod der Zelle herbeiführen.

Das Studium der Permeabilität der Plasmahaut für verschiedene Stoffe ist offenbar von hoher Wichtigkeit für die Frage, aus welchem Stoffmaterial die Plasmahaut selbst besteht. Die älteste Anschauung, welche auch jetzt noch von vielen Forschern festgehalten wird, sieht die Plasmahaut als ein feinstes Eiweißhäutchen an und stützt sich zunächst auf verschiedene Erfahrungen über das Vorkommen von Eiweißkörpern im Zellplasma und auf die Tatsache, daß jene Stoffe, welche durch ein wassergetränktes Eiweißhäutchen leicht passieren, wie Zucker und Mineralsalze, zu den wichtigsten Nahrungsbestandteilen der Zelle gehören, die sie von außen her aufzunehmen hat.

Nun wissen wir andererseits aber auch, daß die lebende Zelle in ihrem Vacuolensaft regelmäßig Zucker und Mineralsalze enthält und daß diese Substanzen leicht plasmolysieren, mithin im Versuche schwer oder überhaupt nicht merklich eindringen. Hingegen haben uns die erwähnten Ergebnisse *Overtons* gezeigt, daß die fettlöslichen Stoffe im allgemeinen am schnellsten permeieren. Dies hat nun *Overton* zuerst

zu der Auffassung geführt, daß die Plasmahaut selbst fettartigen (lipoiden) Charakter hat und die Diösmose durch dieselbe von den Plasmalipoiden bestimmt wird. So befriedigend die Hypothese von *Overton* die leichte Aufnahme der Narkotika erklärt, so bereiten ihr offenbar die plasmolytisch wirksamen Stoffe, wie Zucker und Mineralsalze, die als Nahrung von der Zelle aufgenommen werden müssen, eine große Schwierigkeit, ähnlich wie auch die früheren Hypothesen den Unterschied zwischen Endo- und Exösmose dieser Nährstoffe nicht erklären konnten. Auch die von *Ruhland* bevorzugte Auffassung, daß die Molekulargröße der gelösten Stoffe entscheidet, und daher die Plasmahaut wie ein feinstes Sieb oder ein Ultrafilter wirkt, versagt, wenn wir das Gebiet der Farbstoffe verlassen. Denn es gibt nicht wenige Stoffe mit kleinen Molekülen, welche nicht rasch permeieren, wie etwa Kochsalzlösung, und andererseits Stoffe mit großen Molekülen, wie die Alkaloidbasen, welche leicht permeieren.

Alle diese Erfahrungen haben frühzeitig zur Annahme geführt, daß in der Plasmahaut regulatorische Vorgänge stattfinden, welche die Diösmose modifizieren. In erster Linie ist es bedeutungsvoll, daß in allen lebenden Zellen fettartige Stoffe vorkommen, welche in Wasser mehr oder weniger stark quellbar sind und in ihrem Quellungszustande durch Salze stark beeinflußt werden. Dies sind besonders die dem Eidotter-Lecithin verwandten Phosphatide, welche am Aufbau der Zellen allgemein hervorragenden Anteil haben. Sollten derartige Substanzen im Aufbau der Plasmahaut eine Rolle spielen, so ließe sich der Mechanismus der Stoffaufnahme durch die lebende Zelle wesentlich besser verstehen.

Wiederholt ist, insbesondere von *Ruhland*, gegen die Lipoidtheorie der Einwand erhoben worden, daß das Vorhandensein fettartiger Stoffe eine unbewiesene Voraussetzung sei. In bezug darauf brachten mich eigene Erfahrungen mit verbesserten Methoden zum Nachweise geringster Fettmengen zur Erkenntnis, daß es in manchen Fällen tatsächlich möglich ist, im Cytoplasma sehr kleine Mengen von Lipoiden nachzuweisen, wo sie bisher der Aufmerksamkeit entgangen waren. Sehr beachtenswerte Tatsachen über das Vorkommen von quellbaren Lipoiden in lebenden Zellen, die wahrscheinlich den Phosphatiden zuzurechnen sind, brachten neuere Untersuchungen von *Hansteen*. Aber wir wissen heute noch nicht, ob die Lipide unter allen Umständen einen Bestandteil des Zellplasmas darstellen müssen. Jedenfalls ist es von großem Interesse, daß nach Beobachtungen von *Edm. Nirenstein* (1920) die lebende Substanz des Zellkörpers von *Paramecium caudatum* sich gegenüber Farbstoffen so verhält, als ob sie ein flüssiges Neutralfett wäre, welches einen gewissen Betrag von Fettsäure und fettlöslichen organischen Basen enthält. Zum Vergleich diente eine

aus Mandelöl, Ölsäure und Diamylamin hergestellte Mischung.

Vom physikalischen Standpunkte wäre es eine theoretische Forderung, daß (Umkehrbarkeit des Vorganges vorausgesetzt) in dem Falle, daß Lipide im Plasma vorkommen, dieselben sich nach dem Theorem von *Gibbs* als oberflächenaktive Stoffe an der Grenzfläche ansammeln müssen, so daß praktisch ein Fetthäutchen an der Plasmaoberfläche zustandekommen müßte. Dieses brauchte allerdings keine kontinuierliche Membran zu sein, sondern könnte eine dichte Ansammlung feinsten Fettkügelchen an der Grenzfläche darstellen, in welcher noch immer Raum zum Durchtritt von lipoidunlöslichen Stoffen, wie es etwa die Nathansohnsche Mosaiktheorie der Plasmahaut vorsieht, geboten wird.

So wie Erzeugung und Nichterzeugung von Plasmolyse zur Permeabilitätsprüfung verwendet werden kann, ist es umgekehrt möglich, Stoffaustritt aus dem Zellsaft als Reagens auf stattfindendes Eindringen von Lösungen zu verwenden, wenn solche Lösungen in tödlichen Konzentrationen dargeboten werden. Schon der Austritt des roten Anthocyyanfarbstoffes, wie er etwa aus abgetöteten Zellen der roten Rübe zu beobachten ist, ist hierzu brauchbar. Noch viel feiner erwies sich mir aber hierzu die Untersuchung des Gerbstoffaustrittes aus geschädigten Zellen, wenn man den in den Zellen noch verbliebenen Rest des Gerbstoffes mit Koffein niederschlägt. Allerdings ist diese Reaktion nicht umkehrbar, und es ist immer eine irreparable Schädigung der Zelle vorhanden, sobald einmal Spuren von Gerbstoff die Zelle verlassen können. Experimentiert man mit Lösungen verschiedener oberflächenaktiver Stoffe, so kommt man zu merkwürdigen Gesetzmäßigkeiten, die äußerlich dem Gesetz der Plasmolyse ähnlich sind. So wie die plasmolytische Grenzkonzentration von der molaren Konzentration des Plasmolytikums abhängt, so wird der eben sichtbare Gerbstoffaustritt von der Oberflächenspannung der angewendeten oberflächenaktiven Lösung bestimmt: in beiden Fällen unabhängig vom chemischen Charakter der gelösten Substanz. Bei den bisher geprüften Zellen höherer Pflanzen lag der kritische Punkt unveränderlich in Konzentrationen, welche die Oberflächenspannung von Wasser-Luft auf 0,68 des Anfangswertes herabsetzen. Dies gilt für alle geprüften Alkohole, für die früher schon *W. Traube* eine ähnliche Beziehung nachgewiesen hatte, sowie für deren Ester und für die Fettsäuren, sobald dieselben nicht schon bei geringerer Konzentration in anderer Weise Giftwirkungen entfalten. Wichtig ist es dabei, daß kein Fall bekannt ist, in welchem eine oberflächenaktive Lösung erst bei einer größeren Erniedrigung der Oberflächenspannung des Lösungsmittels Gerbstoffaustritt erzeugt. Aber auch Neutralfette und hochwertige Fettsäuren wirken

in Emulsion nach dem gleichen Gesetze. Jedenfalls muß die Struktur der Plasmahaut in diesem kritischen Punkte irgendwie irreversibel zerstört werden. Eine Aufklärung dieses Verhaltens zu geben, ist aber derzeit recht schwierig. Es wäre möglich, daß die irreparable Zerstörung der Plasmahaut bei dem erwähnten Oberflächenspannungsgrenzwert oberflächenaktiver Lösungen darauf beruht, daß solche Lösungen eben um ein Geringes oberflächenaktiver sind als ein im lebenden Plasma an der Grenzfläche angesammelter oberflächenaktiver Körper. Der letztere müßte, die Anwendbarkeit des Gibbsschen Theorems vorausgesetzt, hierbei aus der Grenzfläche verdrängt werden, und damit wäre die Ursache der Zerstörung der Plasmahaut unmittelbar gegeben. Am ehesten könnte man in der lebenden Plasmahaut eine Neutralfettemulsion als oberflächenaktiven Stoff annehmen, denn wie die Messungen zeigten, lassen sich Neutralfettemulsionen höchstens mit einer Oberflächenaktivität 0,68 herstellen, bemerkenswerterweise keine aktiveren mit noch geringerer Oberflächenspannung.

Noch unveröffentlichte Versuche, die ich im Sommer 1914 von Herrn Dr. *Mimura* aus Tokio anstellen ließ, sollten zeigen, inwieweit derartige Vorstellungen berechtigt sind. Es wurden aus Olivenöl unter Zusatz von etwas doppeltkohlensaurem Natron durch heftiges andauerndes Schütteln haltbare Emulsionen bereitet, deren Oberflächenspannung nach 48stündigem Stehen ziemlich konstante Werte von 68–70 % des Oberflächenspannungswertes zwischen Wasser-Luft betrug. Nun wurden den Emulsionsproben verschiedene Mengen von Alkohol zugesetzt, sodann durchgeschüttelt und nach einigem Stehen ihre Oberflächenspannung gemessen. Dabei ergab sich, daß Ölemulsion bis zu jenen Alkoholkonzentrationen, welche 0,68 des Oberflächenspannungswertes von Wasser gegen Luft entsprechen, in ihrer Oberflächenaktivität unbeeinflusst bleibt. Bei Zufügen von größeren Alkoholmengen sinkt jedoch die Oberflächenspannung gleichmäßig herab, entsprechend dem Werte für die zugefügte Alkoholmenge. Noch deutlicher war dieses Verhalten, wenn die Emulsion anstatt mit Wasser mittels $m/10$ van't Hoff'scher Chloridmischung oder mittels $m/10$ Magnesiumsulfat hergestellt war. Zusatz von Eiweiß hatte auf die Gestalt der Versuchsdiagramme keinen wesentlichen Einfluß. Entsprechend dem Knick der Kurve bei 68 war aber an den Emulsionen weder mit freiem Auge noch ultramikroskopisch eine Veränderung nachweisbar, so daß keine Anhaltspunkte dafür vorhanden sind, daß die Struktur der Emulsion in diesem Punkte eine plötzliche Veränderung erleidet. Das System verhält sich vielmehr so, wie sich etwa eine andere schwächer oberflächenaktive Flüssigkeit verhält, zu der stufenweise steigende Mengen eines stärker oberflächenaktiven Stoffes zugesetzt werden. So erhält die Annahme einer plötzlichen Struktur-

änderung der Plasmahaut bei Kontakt mit verdünntem Alkohol keine Stütze. Es fragt sich überhaupt bei *Mimura*'s Versuchen, welche Bedeutung die Messung der Oberflächenspannung bei Emulsionen besitzt. Eine Fettemulsion in schwach alkalischem Wasser stellt man sich so vor, daß feinste Fetttröpfchen von einer hydrophilen Flüssigkeitshülle, die aus wässriger Seifenlösung besteht (und wohl auch eine sehr kleine Menge von Fett gelöst enthält), in dem wässrigen Medium suspendiert sind. Betrifft nun die Oberflächenspannungsmessung gegen Luft die Flüssigkeitshüllen der Fetttröpfchen oder das Suspensionsmittel? Unsere Versuche machen es wahrscheinlich, daß man nur das letztere in den Messungen trifft und über die Oberflächenspannung der Tröpfchenhüllen nichts erfährt. Dies würde sagen, daß die Oberflächenspannung einer Fettemulsion deswegen niedriger ist als der Wasserwert, weil ein gewisser Seifenanteil im Suspensionsmittel gelöst ist. Die Konzentration ist allerdings geringer als in den hydrophilen Hüllen der Fetttröpfchen, und letztere haben den Charakter von Adsorptionsverdichtungen an Grenzflächen.

So unsicher die Deutung der bisherigen Versuche ist, so kann man wohl sagen, daß sie im allgemeinen der Auffassung nicht günstig ist, wonach etwa der Hauptanteil an dem Aufhören der Semipermeabilität einem Zusammenfließen von feinsten Fetttröpfchen in der Plasmahaut im kritischen Oberflächenspannungswerte zuzuschreiben ist. Der Grund kann ein ganz anderer sein. Ob man ferner ein Recht dazu hat, die kritische Oberflächenspannung 68 % des Wasserwertes als Maß der Oberflächenspannung zwischen Cytoplasma und Luft anzusehen, wie ich selbst annahm, und wie es in der Tat recht verlockend erscheint, ist gleichfalls unsicher, schon deshalb, weil die Versuche nicht zeigen, daß das oberflächenaktive Reagens und das Cytoplasma streng vergleichbar sind. Es ist also die Rolle fettartiger Stoffe für die Plasmapermeabilität noch ein ungelöstes Problem.

Wie bereits erwähnt, vollzieht sich der Eintritt von Farbstoffen in lebende Zellen etwa so, wie die Farbstoffdiffusion in Kolloiden. Hochkolloide Farbstofflösungen dringen in das lebende Plasma nicht ein. Man kann leicht feststellen, daß solche Farbstofflösungen, die in Wasser zwar sehr langsam, aber doch fortschreitend diffundieren, sich in kolloiden Lösungen so gut wie gar nicht ausbreiten, sich also ähnlich verhalten wie gegen lebendes Plasma. Wir wollen nun näher darauf eingehen, wie man sich die kolloide Konsistenz des Cytoplasmas, das man gewöhnlich mit einem zähen Schleim vergleicht, vorzustellen hat. Gewiß wechselt die Konsistenz mit dem Lebensstadium der Zelle. Im Keimling eines ruhenden Samens mag das Plasma eine fast hornartig feste Beschaffenheit haben, während es aus

einem durchschnittenen Algenfaden herausquillt wie ein zähes Sol und kugelförmige Blasen bildet, die sich in schwach hypertonischer van't Hoff-Lösung lange Zeit lebend erhalten lassen. Als Bestandteile dieser Kolloidmasse werden meist Eiweißkörper in erster Linie angesehen, eine Anschauung, die durch die instruktiven Verdauungsversuche *Biedermanns* an Elodeazellen eine neue Stütze erhalten hat. *Mac Dougal* schreibt neuerdings andererseits schleimigen Kohlenhydraten einen hervorragenden Anteil an der Konstitution des Zellplasmas zu. Eigene Erfahrungen lehrten mich, daß in den jüngsten Zellen von Sproß- und Wurzelspitzen massenhaft fettartige Stoffe im Plasma vorkommen, so daß man hier von Lipoplasma sprechen kann, während ältere Zellen fettarmes Hydroplasma führen. Dieser Unterschied ist kolloidphysikalisch offenbar sehr wesentlich.

Schon die ältere Physiologie beschäftigte sich sehr lebhaft mit der Frage nach der Konsistenz des Cytoplasmas. Doch war es erst in der neueren Forschungsphase der Kolloidchemie möglich, die einschlägigen Fragen genauer zu umgrenzen. In *Pfeffers* großer Arbeit über Plasmahaut und Vacuolen finden sich bereits zahlreiche exakte Versuche zur Feststellung von Kohäsion bzw. Festigkeit des Cytoplasmas, und hier wird näher dargelegt, wieviele Probleme in der Pflanzenphysiologie mit der Physik der Gele und mit der Frage der Viskosität von Kolloiden zusammenhängen. Zweifelsohne wird man häufig das Cytoplasma als ein wasserreiches Gel, etwa von der Beschaffenheit einer höchstens 5proz. Gelatine betrachten müssen. Und wie die Gelatine bei zunehmendem Wassergehalt bzw. zunehmender Temperatur in den Solzustand übergeht, so finden sich auch bei lebendem Zellplasma verschiedene Zwischenstufen zwischen flüssigen und festen Kolloiden, je nach dem Lebensstadium, aber auch innerhalb des Cytoplasmas einer Zelle gleichzeitig und räumlich voneinander gesondert. Mit dem Tode ist eine sofortige Gerinnung der Plasmakolloide verbunden. Prä mortal ist sehr häufig ein mächtiges Quellungsstadium nachzuweisen, welches ebenso wie die Gerinnung nicht umkehrbar ist. Eine außerordentlich wichtige Rolle für die Konsistenz des Cytoplasmas spielt so wie bei Quellung und Entquellung von Eiweiß der Gehalt an Salzen, und es hängt damit, wie *Wo. Pauli* ausführlich gezeigt hat, besonders auch der Faktor der Viskosität innig zusammen. Sowohl die Salzanionen als die Kationen sind auf diese Kolloide ungleich wirksam. Seit den klassischen Untersuchungen von *Franz Hofmeister* kennt man eine „Anionenreihe“, deren Glieder graduell verschieden stark Quellung fördern bzw. hemmen. Das Sulfatanion wirkt nächst dem Citrat-anion am stärksten eiweißfällend und quellungshemmend; am entgegengesetzten Ende der Reihe steht das Anion der Rhodanate, welches am stärksten Eiweißfällung hemmt und Quellung

fördert. Nitrate und Chloride stehen etwa in der Mitte. Diese lyotropen Wirkungen kennt man bereits aus verschiedenen Gebieten der physikalischen Chemie, und es ist kaum zu verstehen, daß *Jacques Loeb* in neuester Zeit die Gültigkeit dieser Reihe bestreiten konnte, und alles auf die Wirkung des Wasserstoffions auf Eiweißlösungen bezieht. Bei den Kationen kommt, wie allgemein anerkannt wird, ausschlaggebend die Wertigkeit in Betracht, und die 1-, 2-, 3wertigen Kationen sind zunehmend fällungsfördernd und entquellend. Dies geht so weit, daß das Cytoplasma, wie *Szűcs* in meinem Laboratorium zeigte, durch Aluminiumsalze zu einer starren Schicht wird, welche sich absolut nicht mehr plasmolysieren läßt.

Reine Salzlösungen wirken stets häufig durch Änderung des normalen Quellungs Zustandes der Plasmakolloide. Dies hat man speziell bei der Plasmolyse zu beachten. Man darf nicht annehmen, daß z. B. die vielbenutzte schwach hypertonische Kalisalpeterlösung unschädlich ist. Allerdings sind diese Effekte bei ein- und zweiwertigen Ionen gering. Wenn man bei einer bestimmten Zellgattung die plasmolytische Grenzkonzentration mit Kalisalpeter, Kaliumchlorid und Kaliumsulfat, oder bei Variation der Kationen, mit Kalium-, Natrium-, Ammonium- und Magnesiumsalzen mit demselben Anion untersucht, so ergibt sich mit Ausnahme einer kleinen Beschleunigung der Plasmolyse durch Magnesium und Sulfatanion kein Unterschied. Deutlicher wird die Verschiedenheit, wenn man die Kontraktion der Protoplasten nach *Höfler* volumetrisch verfolgt. Hier tritt nach unveröffentlichten Versuchen von Herrn *Plitzka* in meinem Laboratorium die schnellere Volumenverkleinerung bei der Plasmolyse durch Magnesiumsalze und -sulfate unzweifelhaft hervor.

Chlornatriumlösung kann man durch einen geringen Zusatz von Chlorkalium entgiften. Man nennt diese Erscheinung nach *J. Loeb* Antagonismus der Salzionen. Diese Beziehung gilt allgemein für die gegenseitige Aufhebung der Giftwirkung ein- und zweiwertiger Kationen, weniger prägnant auch für die Anionen. Überhaupt ist zum normalen Ablauf der plasmatischen Lebensfunktionen eine bestimmte Mischung von ein- und zweiwertigen Ionen unentbehrlich. Wir sprechen von physiologisch balancierten Salzlösungen. Das natürliche Meerwasser ist selbst eine solche Salzlösung. Wir müssen derartige Ionenmischungen überall in lebenden Zellen voraussetzen. Ihre Gegenwart bringt es auch mit sich, daß das Zellplasma nicht elektroneutral ist, sondern einen bestimmten Ladungssinn aufweist. Mit Hilfe der Farbstoffaufnahme in lebende Zellen läßt sich, allerdings nicht einwandfrei, zeigen, daß der isoelektrische Punkt des Plasmas von Elodeazellen ungefähr mit dem von *Michaelis* für das Stroma der roten Blutkörperchen ermittelten Wert zwischen den Wasserstoffionenkon-

zentrationen $1,56 \cdot 10^{-4}$ und $0,78 \cdot 10^{-4}$ zusammenfällt. Bei Einbringung von Säuren von $n/6400$ Stärke tritt eine Umladung ein, welche das Plasma jedoch nicht ungeschädigt verträgt, sondern die irreversibel zum Tode führt.

Die Eigenschaften von elektroneutralem Eiweiß, wie es *Pauli* durch monatelanges aseptisches Ausdialysieren und vollständiges Entfernen der Elektrolyte darstellen konnte, sind wesentlich von den Eigenschaften des nativen Eiweiß und der Plasmakolloide verschieden. Es ist durch Alkohol und andere Fällungsmittel bedeutend weniger leicht fällbar, und sein Flockungsoptimum fällt mit dem isoelektrischen Punkt von Eiweißlösungen zusammen. Dies entspricht dem von *Hardy* aufgestellten Prinzip, daß elektroneutrale Kolloide eine minimale Berührungsfläche zwischen disperser Phase und Dispersionsmittel besitzen (*Bredig*). *Pauli* gelang es ferner, durch viskosimetrische Messungen zu zeigen, daß der isoelektrische Punkt auch das Minimum der Viskosität darstellt, so daß das Viskosimeter ein einfaches Mittel darstellt, um den elektrischen Zustand von Eiweißlösungen zu prüfen.

Bei Zusatz von Säuren oder Alkalien nimmt das elektroneutrale Eiweiß ganz andere Eigenschaften an. Die zugesetzten Ionen werden gebunden und Kataphoreseversuche zeigen an, daß bei Säurezusatz elektropositive (kathodisch) Konvektion, bei Alkalizusatz hingegen negative oder anodische Konvektion auftritt. Das Eiweiß verwandelt sich in ionisiertes Eiweiß. Die Viskosität steigt parallel der Ionisierung und das Maximum beider Eigenschaften fällt zusammen. Ebenso wie die Viskosität steigt der osmotische Druck.

Der nun eingeführte Begriff der *Viskosität* bedarf einer näheren Erläuterung, da von vielen Biologen leider sehr verschiedene Eigenschaften der Plasmakolloide als „Viskosität“ bezeichnet und miteinander verwechselt worden sind. Was wir Viskosität nennen, wird jedem geläufig, wenn man an den physikalischen Unterschied zwischen Wasser und Glycerin denkt. Man kann die Viskosität nach verschiedenen Methoden zahlenmäßig ausdrücken. Gewöhnlich mißt man die Zeit, welche erforderlich ist, damit ein genau gemessenes Volumen der zu prüfenden Flüssigkeit aus einer pipettenartigen Vorrichtung durch ein enges Rohr ausfließt. Eine andere Methode beruht auf der Messung der Dämpfung von Schwingungen einer Scheibe, welche in der zu untersuchenden Flüssigkeit angebracht ist. Während man bei Glycerin oder Milchsäure nach diesen beiden Methoden gleiche Werte erhält, differieren die Zahlen bei Kieselsäuregallerte oder bei Gelatine bedeutend. Dies läßt sich ungezwungen mit der modernen Auffassung der Kolloide als feinste Verteilung einer „dispersen Phase“ in einem „Dispersionsmittel“ oder der

Zweiphasigkeit der Kolloide in Zusammenhang bringen. Dafür spricht eine Reihe von Erscheinungen, die an den in Gelatine schwingenden Scheiben zu beobachten sind.

Das gallertige Zittern von dünner Gelatine bei Erschütterungen ist eine ganz verschiedene Erscheinung. Es ist der Ausdruck von elastischen Eigenschaften, wie sie vielen festen Kolloiden eigen sind, und die sich auch optisch sowie in der Verschiebungselastizität dieser Körper äußern. Mit steigender Konzentration wird Gelatine immer mehr und in stetiger Zunahme einer Flüssigkeit in gewöhnlichem Sinne unähnlicher, und endlich geht sie in einen hornartig festen elastischen Körper über. Derartige Übergänge sind wohl auch für das Plasma der Zellen in ausreifenden Samen anzunehmen.

Die physikalischen Eigenschaften der Gele sind sonst denjenigen der Sole von Gelatine ganz analog. Wir finden dieselben Einflüsse von Elektrolyten, die hier ebenso quellungsheimmend und quellungsfördernd wirken, wie sie in Solen die Fällung fördern und hemmen. Auch das Aussalzen verläuft analog. Vielleicht beruht die Differenz zwischen Leimsol und Gel nur auf dem verschiedenen Wassergehalt der dispersen Phase. Quellung und Lösung wären dann nur graduell verschiedene Vorgänge, die aber bei einem bestimmten Kolloid nicht in allen Bereichen gleichmäßig vorkommen müssen, ebenso nicht unter jeder Bedingung.

Eine einfache Kontrolle der Viskosität wird durch die Beobachtung der Brownschen Bewegung ermöglicht. Die Amplitude der Schwingungen eines Einzelteilchens ist der Zähigkeit des Mediums indirekt proportional. Im Zellsaft lebender Zellen ist Brownsche Bewegung suspendierter Tröpfchen oder Kriställchen bei gewöhnlicher mikroskopischer Beobachtung häufig sehr lebhaft wahrzunehmen. In dem zäheren Cytoplasma muß man meist das Ultramikroskop zu Hilfe nehmen, da nur die submikroskopischen Teilchen hinreichend starke Schwingungen auszuführen pflegen. Vor dem Tode der Zelle wird die Brownsche Bewegung kleinster Cytoplasmatelchen meist infolge der Viskositätsabnahme viel lebhafter. Auf diese Tatsachen ließe sich ohne weiteres eine exakte Methode zur Viskositätsbestimmung von Cytoplasma und Zellsaft unter verschiedenen Versuchsbedingungen gründen, eine dankbare Aufgabe, welche hoffentlich bald ihre Bearbeitung finden wird.

Seifriz hat 1920 versucht, die Viskosität durch Mikrodissektion des Plasmas zu bestimmen. Der Mikrodissektor von *Chambers* besteht aus zwei Glasnadeln, die zum Zerreißen mikroskopischer Objekte dienen. Im wesentlichen sind derartige Versuche bereits 1890 durch *Pfeffer* in seinen Untersuchungen über die Kohäsion des Protoplasmas angestellt worden. So ergaben z. B. Dehnungsversuche an Schleimpilzprotoplasma eine Zerreißfestigkeit von 0,3 bis 1,0 g pro

qmm, während bei Bleidraht sich Werte von 1900 bis 2200 g ergaben. Wenn nun *Seifriz* hier von „Viskositätsbestimmung“ spricht, so ist dies natürlich eine bedauerliche Begriffsverwirrung. Die Zähigkeit kommt bei solchen Versuchen nur insoweit in Betracht, als sie das Produkt von Elastizitätsmodulus und Relaxationszeit bei der Deformation von Gelen darstellt.

Ebenso ist es nicht ganz in Einklang mit den physikalischen Grundbegriffen, wenn *Heilbronn* und mit ihm *Fr. Weber* die Sinkgeschwindigkeit gewisser Inhaltskörper lebender Zellen, z. B. von Stärkekörnern, direkt als Maß der Viskosität des plasmatischen Mediums verwenden wollen. Wenn Inhaltsteilchen nicht mehr stabil in Suspension bleiben durch ihre elektrische Aufladung gegenüber dem Suspensionsmittel, sondern mit einer gewissen Schnelligkeit sedimentieren, so ist die Sinkgeschwindigkeit nach der Stokesschen Formel proportional dem Teilchengewicht bzw. dem Teilchenvolumen und der Dichtendifferenz zum Medium. Es kann daher eine geringe Erniedrigung der Dichte des Mediums ausreichen, um ein rascheres Sinken herbeizuführen. Ebenso kann die Benetzung der Oberfläche der Teilchen eine wechselnde sein und dadurch die Sinkgeschwindigkeit beeinflussen. Man sieht, daß man nicht a priori aus der Sedimentationsgeschwindigkeit von Stärkekörnern die Viskosität des Zellplasmas oder Zellsaftes vergleichend beurteilen darf.

Ich war gezwungen, in meinen Ausführungen mehr in die Einzeltatsachen einzugehen, als es vielleicht in einer allgemein verständlich gedachten Vorlesung geschehen soll. Aber man muß dabei bedenken, daß es bei dem heutigen Stande der Physiologie sehr gewagt sein würde, ein groß angelegtes Übersichtsbild eines Gebietes zu entwerfen, in welchem kühne Ideen über die Tatsachenkenntnis triumphieren. Ist doch die Physiologie des Protoplasmas die Grundlage der Gesamtphysiologie und muß sich besonders strenger Kritik bedienen, wenn wirklich Brauchbares geschaffen werden soll.

Über das Verbleichen der Farben.

Von P. Krais, Dresden¹⁾.

Daß die meisten Farben im Licht und besonders im Sonnenschein rasch oder langsam verblassen, ist ebenso bekannt wie die Tatsache, daß es gewisse rühmliche Ausnahmen von diesem Mangel an „Echtheit“ gibt, von denen die bekanntesten im Gebiet der Erd- und Mineralfarben gelegen sind. In anderen Farbstoffgebieten herrschen aber noch vielfach Vorurteile und Irrtümer der Beurteilung im großen Publikum. Es wird noch oft geglaubt, daß die Farben der belebten Natur, also die Farben der Pflanzen, so

der Blumen und Blätter, viel lichtechter seien als die besten Farben, die der Chemiker in der Fabrik herstellen kann. So hat sich besonders mit dem Begriff „Anilinfarben“ der Tadel der Unechtheit fest verbunden. Anfänglich mit Recht, denn in den ersten Jahrzehnten der Farbenfabrikation wurde mehr Wert auf Farbkraft, Schönheit der Töne und Vielseitigkeit der Anwendung gelegt als auf Echtheit. Dies hat sich aber in den letzten beiden Jahrzehnten so sehr geändert, daß man heute überhaupt nicht mehr von Anilinfarben sprechen sollte, vollends da die allerwenigsten von ihnen aus Anilin gemacht werden und da gerade das echteste, vollste und schönste Schwarz auf Baumwolle das Anilinschwarz ist. Man sollte vielmehr nur noch den besser geeigneten Ausdruck „Teerfarbstoffe“ gebrauchen, der aber nicht etwa so zu verstehen ist, als ob diese Farbstoffe direkt aus Teer gemacht würden (als Kinder glaubten wir es allerdings, wenn wir die prachtvollen Newtonschen Farben sahen, die ein Tropfen Teer auf eine Pfütze ausgebreitet erzeugt), sondern sie werden aus einem höchst umfangreichen Material von Zwischenprodukten hergestellt, welche allerdings dem Steinkohlenteer entstammen und dessen wichtigste Bestandteile wie Benzol, Toluol, Xylol, Naphthalin, Anthrazen und Phenole zum Ausgangsmaterial haben.

Aus diesen Körpern werden Farbstoffe hergestellt von solcher Echtheit, daß die natürlichen Pflanzenfarben dagegen weit in den Hintergrund treten müssen. Dies hat *A. Kertész* einwandfrei bewiesen, indem er mit Pflanzenfarben in Norwegen hergestellte Teppichgarnfärbungen mit Teerfarbstoffen genau nachfärbte und beide Serien belichtete. Dadurch hat er zugleich auch den Aberglauben beseitigt, der besonders in Künstlerkreisen lebendig war (und vielleicht auch vereinzelt noch ist), nämlich daß man mit Teerfarbstoffen überhaupt niemals so wohlthuende, gedeckte, warme und abgerundete Töne erzeugen könne wie mit Naturfarben. Diesem Aberglauben ist auch auf dem Gebiet der Orientteppiche wohl erstmalig von *Carl Hopf* in Stuttgart durch beweisende Anfertigungen der herrlichsten Stücke von mindestens gleicher Echtheit wie die alten entgegengetreten worden, indem er die eingeführten Farbtöne der Orientteppiche mit Teerfarbstoffen nachfärbte ließ.

Neben einer großen Anzahl von sehr echten Farbstoffen für Wolle, die wir zum Teil schon länger besitzen, ist neuerdings besonders die Gruppe der „Küpenfarbstoffe“, d. h. von Farbstoffen, die in gleicher oder ähnlicher Weise wie Indigo auf Baumwolle und Wolle gefärbt werden können, so bereichert worden, daß man heute schon von einer vollbesetzten Palette sprechen kann. Voran gingen die Indanthrenfarbstoffe der Badischen Anilin- und Sodafabrik. Wenn man heute von „indanthrenfärbig“ spricht, so weiß man schon, daß es sich um eine Färbung

¹⁾ Mitteilung aus dem Deutschen Forschungsinstitut für Textilindustrie in Dresden.

von hervorragender Echtheit handelt. Den Indanthrenfarben folgten die *Thioindigo*farben von Kalle, die *Algol*farben von Bayer, die *Helindon*farben von Höchst, die *Cibafarben* der Gesellschaft für Chemische Industrie in Basel, die *Hydron*farben von Cassella, und heute haben wir die reichste Auswahl von Küpenfarbstoffen zur Hand, wozu auch der synthetisch hergestellte Indigo und seine Derivate gehören nebst einer Anzahl von kleineren Seitengruppen, die alle hier anzuführen viel zu weit führen würde.

Man sieht hieraus, an echten Farbstoffen fehlt es nicht, aber immer wieder tauchen trotzdem Klagen auf; freilich in ungleich seltenerer Zahl als früher. Denn im Jahr 1907, als ich meinen Aufruf: „Echte Farben für Stoffe“ schrieb, der dann als Flugschrift des Dürerbundes viel Verbreitung fand, war es auf vielen Gebieten noch übel bestellt, und es fehlte hauptsächlich dem kaufenden Publikum am rechten Sinn für die Qualitätsfragen. Das ist inzwischen viel besser geworden, gleichzeitig haben sich, wie oben angedeutet, die Möglichkeiten, echte Farbstoffe anzuwenden, ungeheuer vergrößert, und zwar nicht nur auf dem Gebiet der Färberei und des Zeugdruckes, also bei den Textilien, sondern auch im Buch- und Bilderdruck, in der Tapetenfabrikation und in der Malerei.

Hand in Hand mit diesen Echtheitsbestrebungen ging der immer lebhafter werdende Wunsch, die Echtheitseigenschaften, und insbesondere die Lichtechtheit oder, genauer gesagt, die Lichtbeständigkeit der Farben einwandfrei und einheitlich prüfen zu können. Zu allernächst aber trat immer wieder die Frage an den Farbenchemiker heran: was geht eigentlich vor, was ist die Ursache, was ist das Ergebnis, wenn Farben verbleichen? Was wird aus den Farbstoffen selbst?

Es muß zugegeben werden, daß wir über diese Fragen auch heute noch recht wenig wissen, weil es bisher nicht gelungen ist, die Zersetzungsprodukte, die doch unweigerlich beim Verbleichen der Farbstoffe entstehen und vorhanden sein müssen, zu fassen. Wohl sind Vermutungen geäußert worden; die einen waren mehr für Oxydation, die anderen mehr für Reduktion; der geistreiche O. N. Witt hat einmal die Ansicht aufgestellt, das Licht wirke wahrscheinlich ähnlich wie ein Wechselstrom, also gewissermaßen zugleich oxydierend und reduzierend, es werfe sich mit beiden Waffen fortwährend auf die schwachen Punkte eines Farbstoffes und bringe so seine Zerstörung zuwege, und zwar vollständig, wenn diese erst einmal begonnen habe. Hiernach sollte man also fast vermuten, daß die Zerstörung dann auch gleich bis zur Bildung von Kohlen säure, Wasser und Stickstoff oder Ammoniak fortschreitet. Sehr interessante Versuche, aus denen er wertvolle Schlüsse zog, hatte Kurt Gebhard in den letzten Jahren vor dem Krieg angestellt, wobei er hauptsächlich die Bildung von

Sauerstoffadditionsprodukten, also von superoxydartigen Körpern aus Farbstoffen wie Malachitgrün feststellte, die viel lichtechter sind als die ursprünglichen Farbstoffe und die sich bei geeigneten Bedingungen durch die Belichtung bilden. Es war klar, daß er den Schluß ziehen mußte, daß der Belichtungsvorgang mit einer Oxydation und nicht mit einer Reduktion des Farbstoffs verbunden sei. Der Engländer Harrison war anderer Ansicht. Leider machte der Krieg, dem Gebhard zum Opfer fiel, seinen Forschungen ein Ende, sonst hätten wir von ihm und seinem Scharfblick noch manche weitere Aufklärung erwarten dürfen.

Interessante Beobachtungen, die zunächst recht unerklärlich und verwirrend erschienen, hat A. Eibner gemacht, indem er feststellte, daß es eine große Anzahl von Farbstoffen gibt, die in Mischung mit Bleiweiß oder Barytweiß ebenso echt sind, wie für sich allein, die aber mit Zinkweiß gemischt äußerst lichtunecht sind. Alle Versuche, eine chemische Erklärung hierfür zu finden (Alkalinität des Zinkweißes, Gegenwart von Spuren von Zinkmetall usw.), erwiesen sich als nicht stichhaltig. Endlich scheint sich der Schleier zu lüften durch eine Beobachtung von A. Miethe (auf die ich Eibner aufmerksam gemacht habe) dahingehend, daß Zinkweiß die ultravioletten Strahlen verschluckt, während Bleiweiß und Barytweiß sie zurückstrahlen. Wenn man also z. B. Aufstriche der drei weißen Farben mit ultraviolettem Licht bestrahlt und photographiert, so gibt das Positiv des Bildes Blei- und Barytweiß als Weiß, Zinkweiß aber tiefschwarz wieder. Der Unterschied ist so frappant, daß man wohl vermuten darf, daß weitere Forschungen die „Zinkweißunechtheit“ durch Verfolgung dieses Wegs aufklären dürften und dann vielleicht auch noch weiteres Licht auf die ganze Frage fällt. Jedenfalls ist hier noch sehr viel, ja fast alles zu erforschen.

Eine andere, und vielleicht für das tägliche Leben direkt noch wichtigere Frage ist: Kann man denn die Lichtechtheit mit Maß und Zahl ausdrücken? Kann man die für verschiedene Zwecke nötigen oder wünschenswerten Grade von Lichtbeständigkeit klassifizieren und normieren? Auch auf diesem Gebiet ist viel gearbeitet worden, und Wissenschaftler wie Techniker, Fabrikanten wie Verbraucher haben viel aneinander vorbeigeredet und -gearbeitet, bis endlich wenigstens auf dem Färbereigebiet der Baumwolle und Wolle einige Ordnung geschaffen wurde. Die Arbeiten der in der Textilfachgruppe des Vereins Deutscher Chemiker gebildeten und in den Jahren 1911 bis 1916 am Werk gewesenen „Echtheitskommission“ können als ein Vorläufer der später viel allgemeiner gewordenen und besonders im Maschinenwesen weit entwickelten Normierungsbestrebungen angesehen werden. Schon daraus, daß es über 5 Jahre gedauert hat, ehe ein endgültiger Bericht herausgegeben werden konnte

(A. Lehne war Vorsitzender der Kommission, Verf. Schriftführer), sieht man, daß es mühevollen Arbeit zu leisten und mancherlei einander widerstrebende Interessen zu begleichen galt, ehe man zu einem allseitig befriedigenden Ergebnis gelangte. Die ausgiebigste Arbeit hat hierbei A. Kertész geleistet. Es ist erfreulich, daß dieser Bericht jetzt, nachdem die während des Kriegs in den Hintergrund getretenen bzw. nur für Kriegsmaterial in Frage gekommenen Echtheitsfragen wieder in den allgemeineren Vordergrund treten, als feste Grundlage anerkannt wird. So hat z. B. P. Heermann das Wesentliche daraus auch in der eben erschienenen 4. Auflage seiner „Färberei- und textilchemischen Untersuchungen“ wiedergegeben. — Was die Lichtechtheit betrifft, so sind für Textilfärbungen auf Baumwolle und Wolle folgende Typen in dem Bericht aufgestellt, wobei mit I die geringste, mit VIII die höchste Lichtechtheit bezeichnet wird.

licht. Letzteres selbst hat V. Kallab in der Weise zu benutzen vorgeschlagen, daß man es durch eine Linse sammelt und so eine konzentrierte Sonnenbestrahlung erzeugt, wobei die entstehende Hitze keine wesentlichen Unterschiede zu machen scheint, es sei denn, daß die Farbstoffe sich verflüchtigen, was aber nur selten vorkommt. Aber auch dieser Vorschlag hat keinen allgemeineren Anklang gefunden, denn einmal muß man eben doch auch wieder Sonnenlicht haben, ferner sind die großen Linsen etwas gefährlich, man hat sofort ein Loch im Rock oder in der Haut, wenn man in den Brennpunkt kommt (man denke an das Verfahren des Archimedes, der die griechischen Schiffe mit Linsen in Brand gesteckt haben soll!). Endlich ist die nutzbare Fläche recht klein; man belichtet natürlich nicht im Brennpunkt, sondern ein Stück davor, aber mehr als 10 bis 15 Muster kann man auch so nicht auf einmal belichten.

Lichtechtheit		Baumwolle		Wolle
I.	5 %	Chicagoblau 6 B	3 %	Indigotine Ia i. Pv.
II.	0,80%	Methylenblau BG	1,5 %	Ponceau RR
III.	1 %	Indoimblau R (Pv.)	2,75%	Amorant
IV.	20 %	Kryogenviolett 3 E	4,5 %	Azosäurerot B
V.	2,50%	Benzolichtröt 8 BL	5 %	Säureviolett 4 RN
VI.	10 %	Hydronblau G (Tg)	2,5 %	Diaminechtröt F
VII.	8 %	Schwefelschwarz Textra	4 %	Anthrachinongrün GXN
VIII.	25 %	Indanthrenblau GC (Tg)	—	Indigo in bestimmter Tiefe

Hier kommt nun aber doch noch mancherlei zutage, was Schwierigkeiten bietet. Manche Koloristen stehen auf dem Standpunkt, daß man eigentlich überhaupt die Lichtechtheit z. B. einer grünen Färbung nicht mit der einer roten vergleichen könne, denn wer will sagen, wann beide Färbungen gleich weit verschossen sind? Man könnte ja gewiß durch vergleichende Messungen des Vollfarbgehalts und seiner Abnahme durch die Belichtung nach der Methode von W. Ostwald zu genügend genauen Zahlen kommen, wenigstens bei den hellklaren Tönen. Immerhin bringt dies aber Umständlichkeiten mit sich und wird schwierig, sobald die Färbungen einen größeren Schwarzgehalt haben. Man begnügt sich daher in der Regel damit, das beginnende Verschleichen und den Punkt festzustellen, wo sich der Farbton so wesentlich verändert hat, daß man die Färbung als unbrauchbar bezeichnen muß.

Ein weiterer mißlicher Umstand ist, daß die Belichtungsproben im Winter und überhaupt in den bei uns so häufigen Zeiten, wo es an Sonnenschein fehlt, eine übermäßig lange Zeit in Anspruch nehmen. Früher half man sich mit elektrischem Bogenlicht, jetzt benutzt man meist die Quecksilberdampf Lampe, um das Sonnenlicht zu ersetzen. Aber hier muß man doch Vorsicht walten lassen, weil manche Färbungen sich im Quecksilberlicht anders verhalten wie im Sonnen-

Auch chemische Verfahren sind als Abkürzung vorgeschlagen worden, so die Behandlung mit Ozon und Wasserdampf im Dunkeln von Abney, Wasserstoffsuperoxyd oder Persulfat von W. D. Bancroft. Aber K. Gebhard hat nachgewiesen, daß dann die Unsicherheit noch viel größer wird; so gibt z. B. Neublau R im Licht das intensiver gefärbte Neublauperoxyd, während es im Dunkeln mit Wasserstoffsuperoxyd gebleicht wird. Nach ihm ist der Unterschied zwischen photochemischer Autoxydation im Licht und der Einwirkung oxydierender Agenzien im Dunkeln viel zu groß, als daß sich auf diesem Wege etwas erzielen ließe.

Es sind schon die verschiedensten Versuche gemacht worden, um einen Maßstab für die chemische Wirkung des Sonnenlichts zu finden. Schon 1855 hat R. Bunsen eingehende analytische Studien hierüber gemacht. Als Registrator des Sonnenscheins in Wetterwarten dient ja der bekannte Glaskugelapparat von Lambrecht, auch photographische Papiere, hinter einer immer dunkler werdenden Skala belichtet, werden benutzt. Aber der Glaskugelapparat gibt nur das Ja oder Nein des Sonnenlichts in Stunden an, die photographischen Mittel sind nicht sehr genau, weil beim Entwickeln der Ton stark zurückgeht, außerdem wirkt hier die Sonne zu schnell. Analytische Methoden sind zu umständlich. So schien es wichtig, den Versuch zu machen, einen

leicht anwendbaren und sicheren Maßstab zu finden. Ich habe 1911 den Vorschlag gemacht, die Lichtwirkung nach „Bleichstunden“ zu bemessen, und dabei einen Aufstrich einer Färbung von Viktoriablau B auf Kaolin als „Blaupapier“ zugrunde gelegt. Auf diese Weise ist es mir möglich gewesen, systematische Belichtungsreihen einer großen Anzahl von Färbungen und Aufstrichen, die Jahre dauerten, durchzuführen. Außerdem konnte ich mit meinem Maßstab Feststellungen über die Lichtwirkung in verschiedenen Teilen eines Wohnraumes machen, die die sehr beruhigende Tatsache ergaben, daß vom Fenster entfernte Stellen eine außerordentlich geringe photochemische Einwirkung erleiden. Ferner aber auch, daß die Verdünnung des Farbstoffs eine sehr große Rolle spielt, und zwar ist diese bei verschiedenen Farbstoffen ganz verschieden, und auch das Binde- und Malmittel ist von Wichtigkeit, wie aus nachfolgenden Beispielen erhellt:

Litholechtgelb R, als <i>Ölfarbe</i> , rein	.....	nach 985 Bleichstunden	verschossen
„ „ „ mit 20 Teilen Bleiweiß	.....	66	„ „
„ „ „ <i>Wasserfarbe</i> , rein	.....	300	„ „
„ „ „ mit 20 Teilen Barytweiß	.....	137	„ „
Alizerinlack aus VI extra, als <i>Ölfarbe</i> , rein	.....	985	„ noch gut erhalten
„ „ „ mit 10 Teilen Bleiweiß	.....	985	„ „ „
„ „ „ mit 20 „	.....	985	„ „ „
„ „ „ <i>Wasserfarbe</i> , rein	.....	332	„ verschossen
„ „ „ mit 5 Teilen Barytweiß	...	300	„ „
„ „ „ mit 10 „	...	300	„ „
„ „ „ mit 60 „	...	137	„ „

Man sieht hieraus, daß jeder Farbstoff in seinen verschiedenen Anwendungen und Verdünnungen individuell untersucht werden muß, wenn man seine Lichtbeständigkeit kennenlernen will, und daß es notwendig ist, alle nur möglichen Hilfsmittel zu benutzen und alle denkbaren Umstände zu vermeiden, die zu Störungen und Unsicherheiten führen können.

Die Hilfsmittel zur Messung der Sonnenstrahlung.

Von R. Dietzius, Wien.

Mit Hilfe unserer Sinnesorgane, unserer Augen und unserer temperaturempfindlichen Haut bemerken wir ohne weiteres, daß auch die anscheinend klare Luft den Licht- und Wärmestrahlen der Sonne ein Hindernis bietet. Die hochstehende Sonne strahlt uns weit mehr Licht und Wärme zu als die tiefstehende, und es hängt dies offenbar damit zusammen, daß die Strahlen der tiefstehenden Sonne die atmosphärischen Schichten auf einem längeren Wege durchsetzen als jene der hochstehenden Sonne. Trübungen besonderer Art (Dunst, Rauch, Wolken, Nebel) können die Strahlung in der mannigfachsten Weise beeinflussen.

Um den Wärmehaushalt unserer Erde zu ver-

stehen, ist es von größter Bedeutung, alle diese verschiedenen Einflüsse festzustellen und aufzuklären. Wir können uns deshalb mit den rohen Angaben unserer Sinne nicht begnügen, sondern müssen zahlenmäßige Messungen anstreben. Die Schaffung geeigneter Meßapparate hat große Schwierigkeiten bereitet, grundlegende Vorgänge aus sehr verschiedenen Gebieten der Physik müssen zu Hilfe gezogen werden. Wenngleich sich heute manches als minderwertig neben anderen besseren Apparaten herausgestellt hat, kommen doch auch jetzt noch Apparate sehr verschiedener Art ernstlich in Betracht.

Die folgende Übersicht soll im wesentlichen nur die physikalischen Grundgedanken auseinandersetzen, die den verschiedenen Meßwerkzeugen zugrunde liegen. Wer eine eingehende Beschreibung, die technische Ausführung des Baues sucht, muß die angegebene Literatur nachschlagen.

Wenn wir die Lichtwirkung auf unser Auge

untersuchen, so ist dies kein rein physikalisches Problem, sondern zum Teil ein physiologisches, da unser Auge für Strahlen verschiedener Wellenlänge (Farbe) verschieden empfindlich und diese Empfindlichkeit nicht bei allen Menschen und zu allen Zeiten die gleiche ist; und das Gedeihen und Wachsen der Pflanzen ist ebenfalls von der Sonnenstrahlung abhängig, die Pflanzen sind aber wiederum in anderer Weise für Strahlen verschiedener Wellenlänge empfindlich als unser Auge. Wenn wir uns dagegen mit der Wärmewirkung der Strahlen beschäftigen (die Energie aller Strahlen, auch der unsichtbaren ultraroten und ultravioletten, wird durch Absorption in Wärme umgesetzt), so liegt ein ganz bestimmtes rein physikalisches Problem vor. Nur mit diesem will ich mich hier befassen.

Es ist naheliegend, zur Messung der Wärmewirkung der Sonne ein Thermometer zu verwenden, welches man der Sonnenstrahlung aussetzt, indem man, wie man sagt, „die Temperatur in der Sonne“ mißt. Das Thermometer, welches von der Sonne beschienen wird, empfängt Wärme durch Strahlung von der Sonne, aber auch vom Himmel und der irdischen Umgebung (der Landschaft, der Aufhängevorrichtung). Weiter gibt es vermöge seiner eigenen Temperatur Wärme durch Strahlung aus. Es sendet zwar keine sichtbaren Strahlen aus (diese erst von etwa 400° C

an), wohl aber unsichtbare Wärmestrahlen großer Wellenlänge. Da das Thermometer in der Sonne sich über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmt, gibt es ferner durch äußere Wärmeleitung Wärme an die umgebende Luft ab und schließlich auch Wärme durch Leitung an die Befestigungsvorrichtung.

Der Stand des Thermometers ist stationär, wenn der Wärmegewinn durch Einstrahlung und der Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung zusammengenommen einander die Wage halten. Der Wärmeverlust hängt von so vielen Größen ab, die von Thermometer zu Thermometer wechseln (z. B. von der Form und Größe des Thermometergefäßes und seiner Stellung zu den Sonnenstrahlen), daß es unstatthaft ist, schlechthin von einer „Temperatur in der Sonne“ zu sprechen.

Um aus dem Stande des Thermometers auf die Wärmemenge zu schließen, welche die Sonne einstrahlt, müßten wir alle anderen Posten des Wärmehaushaltes kennen, und da das Thermometer nur einen Bruchteil der auffallenden Sonnenstrahlung absorbiert, einen anderen Teil reflektiert, ständen wir selbst in diesem Falle noch vor einer schwierigen Aufgabe. Es ist daher jedenfalls eine Verbesserung der Meßmethode erreicht, wenn wir das Thermometer durch Berußen schwärzen, da der Ruß die Strahlung viel besser absorbiert als das Quecksilber in der blanken Glashülle. Da auch die äußere Wärmeleitung des Thermometers sehr schwierig zu behandeln ist, hat es einigen Vorteil, wenn man der Luft den Zutritt zum Thermometergefäß verwehrt, indem man dieses in das luftleere Innere einer Glaskugel einschließt. Auf diese Weise ist das *Schwarz-Kugelthermometer im Vakuum* entstanden.

Ein unsicherer Posten des Wärmeumsatzes bleibt noch immer die Strahlung des Himmels und der irdischen Umgebung. Um sie auszuschalten, hat man zwei Wege eingeschlagen. *Ferrel* (1) schlug vor, von zwei gleichgebauten Thermometern eins in der Sonne, eins im Schatten zu beobachten. Wenn man gewisse vereinfachende Annahmen macht, gelingt es tatsächlich, sich durch Kombination (nicht einfache Differenzbildung) beider Thermometerablesungen von der Strahlung der Umgebung unabhängig zu machen.

Nobili und *Melloni* (2) verwendeten statt des Quecksilberthermometers ein Thermolement, dessen auf der einen Seite liegende Lötstellen berußt waren. Ein Thermolement im Vakuum hat *Lebedew* (3) verwendet.

Der andere Weg führte zum Schwarz-Blankkugel- oder Differentialthermometer von *Arago-Davy*. Neben dem berußten Thermometer im Vakuum befindet sich ein gleichgebautes blankes Thermometer ebenfalls im Vakuum. Durch Kombination beider Ablesungen kann man sich wiederum von der Strahlung der Umgebung un-

abhängig machen. Die Theorie stammt wiederum von *Ferrel* (4). Heute würden wir *Ferrels* Formel allerdings dahin abändern, daß wir an Stelle des damals gebräuchlichen *Pouillet'schen* Strahlungsgesetzes das später entdeckte *Stefan'sche* Gesetz setzen würden, wonach die Strahlung eines schwarzen Körpers der vierten Potenz der absoluten Temperatur proportional ist.

Seinerzeit hat das Schwarz-Blankkugelthermometer nützliche Dienste geleistet. Da aber auch jetzt noch von mancher Seite an diesem für unsere heutigen Ansprüche gänzlich unzulänglichen Instrument festgehalten wird, ist es angezeigt, wenigstens auf seine größten Schwächen aufmerksam zu machen. 1. *Ferrel's* Annahme, daß dem Blankkugelthermometer ein bestimmter Absorptionskoeffizient zukommt, ist unzulänglich, da die Absorption für verschiedene Wellenlängen verschieden ist. 2. Zur strahlenden Umgebung gehört auch die das Vakuum einschließende Glashülle. Sie absorbiert einen Teil der Sonnenstrahlung, nimmt dadurch eine erhöhte Temperatur an, die außerdem durch Wärmeleitung beeinflusst wird.

Einwandfreier als aus dem absoluten Stand eines bestrahlten Thermometers (statische Methode) läßt sich mitunter die zugestrahlte Wärmemenge nach der dynamischen Methode bestimmen. Man beobachtet den zeitlichen Verlauf des Temperaturanstiegs, wenn das ursprünglich beschattete Thermometer der Sonne ausgesetzt wird, und sodann den zeitlichen Verlauf des Temperaturabfalls, wenn es wiederum beschattet wird. Die zweite Beobachtung gibt ein Mittel, den Wärmeverlust des Thermometers durch äußere Wärmeleitung und Eigenstrahlung experimentell zu bestimmen, ohne sich mit der schwierigen Theorie näher einlassen zu müssen. Von diesem Grundsatz machte *Pouillet's* Pyrheliometer (5) Gebrauch, bei welchem die der Sonne zugekehrte Seite eines zylindrischen Gefäßes mit Wasser abwechselnd bestrahlt und beschattet wurde. *Pouillet* hat sich die Rechnung allerdings viel zu einfach vorgestellt (6). *Winkell* hat später das Wasser des Gefäßes wegen der besseren Wärmeleitung durch Quecksilber ersetzt.

Wir wenden uns nun einer anderen Gruppe von Instrumenten zu, die sich von der Strahlung der Umgebung dadurch unabhängig macht, indem sie das bestrahlte Thermometergefäß in eine Kapsel einschließt und der Sonnenstrahlung durch eine verhältnismäßig kleine Öffnung Zutritt verschafft. Zwar strahlt die Innenseite der Kapsel gegen das Thermometer und umgekehrt, doch liegen hier die Verhältnisse viel einfacher, vor allem fällt (mit Ausnahme der nächsten Umgebung der Sonne) der strahlende Himmel weg, dessen Gesamtstrahlung (im wesentlichen abgelenktes Sonnenlicht) sehr beträchtlich ist und bei niedrigstehender Sonne die Strahlung der Sonne übertrifft.

Desains (7) schloß das Thermoelement von *Nobili* und *Melloni* in eine Guttaperchahülle ein. Sehr viel verwendet wurde seinerzeit das Kugelaktinometer von *Violle* (8). Ein berußtes Quecksilberthermometer befindet sich in einer doppelwandigen Kapsel, deren Wandungen durch fließendes Wasser oder schmelzendes Eis gekühlt werden.

Soret (9) hat mit einem ähnlichen Instrument nach der statischen Methode beobachtet, indem er den Temperaturunterschied zwischen dem bestrahlten Thermometer und dem Kühlwasser feststellte. *Violle* beobachtete nach der dynamischen Methode, deren Anfänge auf *Pouillet* (5) und *Desains* (10) zurückgehen und die *Violle* strenger mathematisch behandelt hat.

Das registrierende Aktinometer von *Crova* (11) besitzt nur eine einfache metallische Hülse, in deren Innern sich ein Thermoelement befindet. Die eine Lötstelle liegt an einer geschwärzten, bestrahlten Eisenscheibe, die andere an einer beschatteten Eisenscheibe. Die Temperaturdifferenz der beiden Lötstellen erzeugt einen Thermostrom, der zu einem photographisch registrierenden Galvanometer geleitet wird. Der Apparat wird durch ein Uhrwerk stets der Sonne zugekehrt.

Je größer die Temperaturdifferenz zwischen dem bestrahlten Thermometer und der Umgebung ist, desto schwieriger ist der Wärmeumsatz im Innern des Apparates mathematisch zu fassen. Ist die Temperaturdifferenz klein, so findet man mit einfachen Gesetzen (dem Newtonschen Abkühlungsgesetz) sein Auslangen. Daher wird bei einer Reihe neuerer Apparate eine starke Erwärmung absichtlich vermieden.

Hier ist vor allem *Michelsons* Bimetallaktinometer (12) zu nennen, bei welchem ein beiderseits mit Platinmoor geschwärztes Platinsilberplättchen von der Sonne bestrahlt wird. Da die beiden Metalle, Platin und Silber, verschiedene Wärmeausdehnung besitzen, verbiegt sich das erwärmte Plättchen und diese Verbiegung wird mittels eines Mikroskopes gemessen. Da die Wärmekapazität des winzigen Bimetallthermometers sehr gering ist, wird die EndEinstellung in kurzer Zeit erreicht, und die Bestimmung der Temperaturdifferenz zwischen beschattetem und unbeschattetem Thermometer erfordert nur einige Sekunden.

Bei dem Silberscheiben-Pyrheliometer von *Abbot* (13) wird nicht das Thermometer selbst von der Sonne bestrahlt, sondern eine geschwärzte, etwas dicke Silberscheibe. Das Gefäß des Quecksilberthermometers ist durch eine seitliche Bohrung in die Scheibe versenkt. Die Einstellung erfordert wesentlich mehr Zeit als bei *Michelsons* Instrument. *Abbot* mißt nach der dynamischen Methode, jedoch auf abgekürzte Art, indem Anstieg und Abfall der Temperatur nur durch zwei Beobachtungen festgehalten werden. Der Apparat ist nicht zu absoluten Messungen be-

stimmt, sondern wird mit Hilfe des später zu besprechenden Wasserstrompyrheliometers geeicht. Ein photographisch registrierendes Silberscheibenpyrheliometer (14) hat, von einem Versuchsballon hochgehoben, wertvolle Aufzeichnungen aus großer Höhe heimgbracht.

Marvin (15) baute ein bolometrisches Pyrheliometer, bei welchem die Temperatur eines geschwärzten Silberblockes durch ein isoliert eingebettetes elektrisches Widerstandsthermometer (Bolometer) gemessen wurde. Später ließ er die Sonnenstrahlen direkt auf ein geschwärztes dünnes Band aus Nickel fallen. Die zugestrahlte Wärme wird wiederum mit Hilfe des Bolometers aus dem veränderten Leitungswiderstand des durch Strahlung erwärmten Nickelstreifens erschlossen.

Von *Callendar* stammt ein registrierendes Bolometer (17), bei welchem ein berußter und ein blanker Mäander aus Nickel von der Sonne und dem ganzen Himmel bestrahlt wurde, und zwar durch ein Glasgehäuse hindurch. Die Temperaturdifferenz der beiden Nickelstreifen wurde durch ein Bolometer registriert.

Das Kompensationspyrheliometer von *Angström* (18) besitzt zwei gleichartige, berußte Metall- (Manganin-) Streifen, von denen der eine von der Sonne beschienen, der andere beschattet wird. An den Rückseiten der Streifen liegen die beiden Lötstellen eines Thermoelements. Die ungleiche Temperatur der Lötstellen erzeugt einen Thermostrom, der an einem Galvanoskop zu erkennen ist. Der beschattete Streifen wird sodann durch irgendeinen Hilfsstrom, der etwa von einem Akkumulator herrührt, geheizt, und zwar wird die Stromstärke des Heizstromes so lange abgeändert, bis der beschattete, geheizte Streifen dieselbe Temperatur erreicht wie der bestrahlte, was durch Aufhören des Thermostromes ersichtlich wird. Die von der Sonne dem einen Streifen zugestrahlte Wärme ist dann ebenso groß wie die dem anderen durch Heizung zugeführte Wärme, und diese wiederum läßt sich aus der Stromstärke, die man mittels Ampere-meter mißt, und dem elektrischen Widerstand des Streifens einwandfrei berechnen.

Statt des Heizstromes kann auch der Thermostrom selbst gemessen oder zur Registrierung verwendet werden, in diesem Falle muß aber der Apparat geeicht werden, da das Thermoelement nur einen geringen, der Rechnung kaum zugänglichen Bruchteil der zugestrahlten Wärme in elektrische Energie umsetzt.

Abbots Pyranometer (19) unterscheidet sich von dem vorigen Instrument im wesentlichen dadurch, daß beide berußten Streifen bestrahlt werden; da aber der eine Streifen mehr als 10mal so dick als der andere ist und die Wärme besser nach den Seiten hin ableitet, entsteht eine Temperaturdifferenz und wie beim vorigen Apparat ein Thermostrom. Nach dem Beschatten wird durch künstliche Heizung der beiden Metall-

streifen ein gleich starker Thermostrom erzeugt wie vorher durch die Sonnenstrahlung.

Angström versuchte auch zwei bestrahlte Metallplättchen zu verwenden, von denen das eine geschwärzt, das andere blank war. Er erhielt auf diese Weise zwar ein zur Messung der Wärmestrahlung des Nachthimmels brauchbares *Pyrgometer* (20); zur Messung der Sonnenstrahlung ist es aber nicht geeignet, da das blankes Metall nicht vollkommen und vor allem nicht das Licht aller Wellenlängen in gleicher Weise reflektiert. Ein besseres Reflexionsvermögen für sichtbares Licht als blankes Metall hat ein zunächst geschwärzter und sodann mit weißem Magnesiumoxyd überzogener Metallstreifen, er absorbiert jedoch alle langwelligen Strahlen. Für gewisse Untersuchungen (21) ist dies allerdings von Vorteil, da man so die langwellige Wärmestrahlung des Himmels unwirksam machen kann, ohne das diffuse Sonnenlicht auszuschalten.

Das beste Normalinstrument, welches von systematischen Fehlern möglichst frei ist, ist derzeit *Abbots* Wasserstrompyrheliometer (22). Es ist allerdings schwer transportabel und umständlich zu bedienen. Die Sonnenstrahlen werden hier im Innern einer geschwärzten Kammer absorbiert; die absorbierte Wärme wird durch ein die Kammer in einem Schlangenrohr umfließendes Kühlwasser beseitigt. Das Kühlwasser erwärmt sich dabei ein wenig und die Erwärmung wird mittels eines Bolometers gemessen. Statt durch die Sonnenstrahlung kann die Kammer auch durch einen elektrischen Strom, der eine Heizspirale durchfließt, geheizt werden, und die leicht berechenbare Heizwärme gibt ein Mittel, die zu einem bestimmten Bolometerausgang gehörige Wärmezufuhr festzustellen.

Einer Strahlungsmessung besonderer Art dient das Spektrobolometer von *Langley* (6). Ein elektrisches Widerstandsthermometer mißt die Temperaturdifferenz zwischen einem bestrahlten und einem beschatteten geschwärzten Platinstreifen. Es ist so empfindlich, daß die Temperaturerhöhung bei Bestrahlung mit einem sehr kleinen Wellenlängenbereiche des spektral zerlegten Sonnenlichtes gemessen werden kann. Solche Messungen sind unbedingt notwendig, wenn man aus der gemessenen Strahlung auf die ursprüngliche, von der Erdatmosphäre noch nicht geschwächte Sonnenstrahlung schließen will, da unsere Atmosphäre die Strahlung verschiedener Wellenlängen in sehr verschiedener Weise beeinflusst. *Abbot* kam so zu dem Ergebnis, daß die Sonnenstrahlung nicht nur langperiodischen Schwankungen entsprechend der Sonnenfleckenperiode ausgesetzt ist, sondern auch kürzere unregelmäßige Schwankungen besitzt. Von mancher Seite wird dies allerdings noch bezweifelt und angenommen, daß nur die Durchlässigkeit der Erdatmosphäre schwankt.

Literatur.

1. *Ferrel*, Conditions determining Temperature. Bull. Phil. Soc. Washington Vol. 5, 1883; ZS. f. Meteor. 1884, S. 387.

2. *Nobili* u. *Melloni*, Phénomènes calorifiques. Ann. d. Chim. 48, 1831, S. 198; Pogg. Ann. 27, 1833, S. 439.
3. *Lebedew*, Vacuumthermoelemente als Strahlungsmesser. Ann. d. Phys. 9, 1902, S. 209.
4. *Ferrel*, Temperature of the Atmosphere. Prof. Pap. Sign. Serv. 13, Washington 1884; ZS. f. Met. 1884, S. 500.
5. *Pouillet*, La chaleur solaire. Compt. R. 1838; Pogg. Ann. 1838, S. 25.
6. *Langley*, On Solar Heat. Prof. Pap. Sign. Serv. 15, Washington 1884, S. 52, 129.
7. *Desains* u. *Branly*, Sur le rayonnement solaire. C. R. 1869, II, S. 1133.
8. *T. Violle*, Intensität d. Sonnenstrahlung. ZS. f. Meteor. S. 379; vgl. *Langley* (6), S. 73; Ann. d. Chim. 10, 1877.
9. *Soret*, Sur la radiation solaire. Arch. d. Genève 1879, S. 56; ZS. f. Meteor. 1879, S. 311.
10. *Desains*, Radiations solaires. C. R. 1874, I, S. 1455.
11. *Crova*, Enregistreur de la radiation solaire. C. R. 101, 1885, S. 418; ZS. f. Meteor. 1885, S. 542.
12. *Michelson*, Ein neues Aktinometer. Phys. ZS. 1908, Meteor. ZS. 1908.
13. *Abbot*, The Silver Disk Pyrheliometer. Smiths. Misc. Coll. 56, Washington 1911; Meteor. ZS. 1911, S. 469.
14. Rep. Astr. Obs. Smiths. Inst. 1913; Meteor. ZS. 1914, S. 204.
15. *Marvin*, Electrical Resistance Thermometer. Science 1909, S. 896.
16. *Kimball*, Solar Radiation. Bull. Mt. Weather Obs. 3, part 2, 1910.
17. *Callendar*, The Absolute Recording Bolometer. Proc. R. S. 77 A. London.
18. *Angström*, Electric Compensation Pyrheliometer. Astr. J. 9, 1899, S. 332; Naturw. R. 1900, Nr. 51; Meteor. ZS. 1901, S. 174.
19. *Abbot* u. *Aldrich*, The Pyranometer. Smiths. Misc. C. 66, Nr. 7, Washington 1916.
20. *Angström*, Über d. nächtliche Ausstrahlung. Nova Acta R. Soc. Ups. IV/1, Nr. 2, 1905; Meteor. ZS. 1906, S. 188.
21. *Angström*, Sky radiation. Monthly Weather R. 1919; Meteor. ZS. 1921.
22. Ann. Astr. Obs. Smiths. Inst. 3, 1913; Vierteljahrsschrift Astr. Ges., Leipzig 1914.

Die Entwicklung der Brille. X.

- Greiff, R.*, Zu unserer Kunstbeilage. [1]
Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 4/5, m. 1 Tfl.
- v. Rohr, M.*, Ein Versuch zur Ermittlung der optischen Kenntnisse der Brillenhersteller um das Jahr 1600. (12. XII. 19.) [2]
Zit. f. ophth. Opt. 1922, 10, 1/8 (28. I.), 33/7 (3. III.), 3 +.
- Greiff, R.* u. *K. Radicke*, Die Regensburger Brillenmacherordnung in unser heutiges Deutsch übertragen. [3]
Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 22/6 (7. I.), 46/7, 6 + (15. I.).
- Feldhaus, F. M.*, Berlins Brillenindustrie 1778 bis 1784. [4]
Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 90 (29. I.).
- Greiff, R.* u. *K. Radicke*, Die Nürnberger Brillenmacherordnungen und Ratserlasse. [5]
Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 134/8 (19. II.); 155/8 (26. II.).
- v. Pflugk, A.* u. *M. v. Rohr*, Gedanken über die Entwicklung der Augenglasfassungen im 19. Jahrhundert. (Griff und Stielbrillen.) [6]
Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1922, 43, 129/36, 8 + (10. III.).

Greff, R., Eine Pariser Brillenmacherordnung vom Jahre 1551. [7]

Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 250/3 (2. IV.).

v. Rohr, M., Die Nürnberger Brillenherstellung. Ein Versuch einer zusammenfassenden Darstellung. [8]

Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1922, 43, 185/7 (10. IV.); 206/8 (20. IV.); 225/7 (1. V.).

Ertle, H., Eine geschichtliche Bemerkung zum einlässigen Fernrohr. [9]

Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1922, 43, 225/4 (1. V.).

Greff, R., Ovale Scheiben (13. II.). [10]

Zit. f. ophth. Opt. 1922, 10, 66/7 + (1. V.).

Nitsche, H., Die Rathenower Brillenindustrie mit besonderer Berücksichtigung ihrer geschichtlichen und technischen Entwicklung. [11]

Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1922, 43, 243/4 (10. V.); 261/3 (20. V.); 280/2 (1. VI.); 396/7 (10. VI.); 314/6 (20. VI.); 327/30 (1. VII.); 343/5 (20. VII.); 367/9 (1. VIII.); 380/2 (10. VIII.); 395/9 (20. VIII.); 411/2 (1. IX.); 423/5 (10. IX.); 434/6 (20. IX.); 443/4 (1. X.), 8 +.

Hawkins, J. I., Über die Mittel, den wahren Zustand der Augen zu bestimmen, und jedermann in den Stand zu setzen, sich die für seine Augen passenden Brillen selbst zu wählen. [12]

Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1922, 43, 237/9 (10. V.); 256/9, 5 + (20. V.).

Greff, R., Lehrbrief eines Regensburgs Brillenmachers aus dem Jahre 1686. [13]

Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 456/7, 1 Til. (9. VI.).

Greff, R., Eine venetianische Brillenmacherordnung aus den Jahren 1284—1317. [14]

Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 600/2 (6. VIII.); 620/3 (13. VIII.); 639/42 (20. VIII.).

v. Rohr, M., Bausteine zur Brillengeschichte. [15]

Arch. f. Aughiknde. 1922, 91, 333/40 (Sept.-Hft.).

v. Pflugk, A., Die Meisterzeichen der Nürnberger Brillenmacher. [16]

Arch. f. Aughiknde. 1922, 91, 341/60, 22 + (Sept.-Hft.).

v. Pflugk, Frau Marg., Das Einglas der Malerin Anna Dorothea Therbusch geb. Liszevska. [17]

Arch. f. Aughiknde. 1922, 91, 361/4, 2 + (Sept.-Hft.).

Boegehold, H., Bildgröße und Sehschärfe beim brillenbewaffneten Auge. Ein Abschnitt aus der Geschichte der Lehre von der Brille. (29. VI. u. 11. IX.) [18]

Zit. f. ophth. Opt. 1922, 10, 129/44 (1. IX.); 161/74, 3 + (1. XI.).

v. Rohr, M., Der große Streit bei der Einführung der periskopischen Brillengläser. [19]

Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1922, 43, 439/41 (1. X.); 449/53 (15. X.); 459/62 (1. XI.); 463/71 (10. XI.); 378/80 (1. XII.); 488/91 (15. XII.), 13 +.

Greff, R., Eine zweite venetianische Brillenmacherordnung vom Jahre 1319—1330 (Von anno 1313 bis 1330). [20]

Deut. Opt. Wehschr. 1922, 8, 802 (1. XI.); 824/7 (20. XI.); 852/4 (10. XII.); 870/4 (25. XII.).

Greff, R., Über stenopäische Brillen und Apparate. [21]

Arch. f. Aughiknde. 1922, 90, 147/69, 26 + (Frühjahr).

Teilt man wieder, wie es in den letzten Berichten dieser Art üblich geworden war, die in der zeitlichen Reihenfolge ihres Erscheinens angeordneten Brillenschriften in die drei Gruppen ein, so sind diesmal die meisten, nämlich 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 20, den alten Zeiten, 4, 9, 13, 17 dem 17. und 18. Jahrhundert und schließlich 6, 11, 12, 18, 19 der neuen

Zeit zuzuteilen, wobei allerdings eine ganze Zahl der ersten auch in die zweite Gruppe übergreift.

In 1 gibt *Greff* mit einer aus dem Jahre 1352 stammenden Darstellung eine (Niet-) Brille wieder, von der in diesen Berichten (diese Zft. 1919, 7, 210) schon die Rede gewesen ist. — Bei 10 handelt es sich um den Nachweis einer sehr alten — um 1510 gemalten — elliptischen Randform für Brillengläser, während man dafür bisher nicht über den Anfang des 18. Jahrhunderts (diese Zft. 1914, 2, 617, Fig. 2) hatte zurückgehen können. — Bei 3 und 5 finden sich Übertragungen in heutiges Deutsch von Brillenordnungen und entsprechenden Ratserlassen, die in dem letzten Berichte (diese Zft. 1922, 10, 285) unter 11 und 12 besprochen worden sind. *Greff* führt diese Stoffsammlung durch 7, 14 und 20 fort. Dabei war der Text der Pariser Ordnung schon früher aus französischen Quellen bekannt gewesen, während die venezianische Ordnung *de Cristellariis* erst durch diesen Brillenforscher bekanntgemacht worden ist. Sie bietet ihm erst gegen den Schluß Anzeichen dafür, daß sie auch für Brillenmacher Geltung habe. Namentlich dem letzten Erlaß, der richtig nach 1317 zu setzen sei, ließe sich zweifellos die Tatsache entnehmen, daß um diese Zeit Brillengläser in Venedig hergestellt und verkauft worden seien. In 14 ist übrigens der lateinische Text neben der Übersetzung ins Deutsche wiedergegeben, und der Herausgeber fügt eine Beurteilung des Ganzen hinzu. In 20 findet sich eine etwas spätere, in früher venezianischer Mundart abgefaßte Ordnung der Kristallarbeiter mit danebengestellter Übersetzung ins Deutsche. Ganz gelegentlich werden, wie in Nr. 14, Brillengläser erwähnt, aber die Brillenmacher scheinen in der Zunft der Kristallarbeiter noch keine irgendwie wichtige Rolle gespielt zu haben. Die oben unter 5 erwähnten Nürnberger Brillenverordnungen bearbeitete *M. v. Rohr* in 8 nach der Müllerschen Veröffentlichung des Vorjahrs sachlich, worauf (diese Zft. 1922, 10, 285) schon hingewiesen worden war. Man erhält dadurch ein anschauliches Bild von der kurzen Blüte und dem langen Verfall des Nürnberg-Fürther Brillengewerbes, das mit einer ziemlich weit durchgeführten Arbeitsteilung wirkend und später auch noch von Maschinen unterstützt allein auf die Billigkeit der Waren Wert legte, jede Zuverlässigkeit der Arbeit aber unmöglich machte und so mit wachsender Geschwindigkeit einem unrühmlichen Ende entgegengerissen wurde. In einem engen Zusammenhange damit steht *A. v. Pflugk* in 16; er konnte auf das Wachstum und die Geschäftsgewohnheiten des Nürnberger Brillenhandwerks ein sehr helles Licht werfen, indem er den Meisterzeichen der Brillen nachging. Wenn die Führung eines Meisterzeichens in Nürnberg auch erst seit 1561 vom Gesetz erfordert wurde, so hat es sicherlich schon früher die Sitte geboten, und das ist auch ganz verständlich unter Kulturzuständen, wo die Kunst des Lesens noch nicht allgemein verbreitet war. Solche Zeichen konnte der Verfasser an verschiedenen Lederbrillen aufzeigen, die auf die Zeit vor 1561 zurückgehen und doch Zeichen, z. T. sogar Nürnberger, erkennen ließen. Auf Hornbrillen haben sich derartige Marken nicht erhalten. Übrigens giug man in Nürnberg bereits im 17. Jahrhundert in immer steigendem Maße zu Metallbrillen über und stellte dabei allerdings zuerst grob ausgeführte Formen her, auf denen man die Zeichen nicht anzubringen wußte. Die Meinung des Verfassers hat viel für sich, daß deshalb die Brillenmeister etwa seit 1650 ihr Zeichen, den Herstellungsort und ihren Namen von Holzstücken oder

Kupferplatten auf Hüllpapiere und Schilder drucken ließen und diese bei der Verpackung ihrer Waren sehr reichlich verwandten. Diese Sitte, von der uns die heute erhaltenen Erkaske keine Kunde geben, griff auch zu einer Zeit, wo ihr eigentlicher Anlaß nicht mehr vorlag, weiter und weiter um sich: wir kennen heute — nicht zum wenigsten durch A. v. Pflugks Verdienst (diese Zft. 1913, I, 677) — eine große Menge solcher unbefohlenen ausgeführter Blätter mit Meisterzeichen. Notwendig wäre, wie gesagt, diese Entwicklung nicht gewesen, denn mittels der 1750 erfundenen *Namcu-* oder *Musterwelle* lernte das Gewerbe bald, in recht vollkommener Weise Herstellort, Namen und Meisterzeichen auf den metallenen Brillenrändern anzubringen. Eine sehr sorgfältige Zusammenstellung dieser Zeichen mit den zugehörigen Meisternamen — das gleiche Zeichen ist im Laufe der Jahrhunderte von ganz verschiedenen Inhabern geführt worden — und eine Geschichtstafel sind beigegeben worden. — In 2 wird der Versuch gemacht, die optischen Kenntnisse zu ermitteln, die um 1600 in Venedig verbreitet gewesen sein mögen; von ihnen gab uns 1585 T. Garzoni einen leider sehr lückenhaften Bericht. Versucht man, die Darstellung von *Daza de Valdes* (diese Zft. 1919, 7, 210 unter 8) hier anzugliedern, so kommt man ungezwungen zu der Annahme, der Spanier habe seine beiden Meßleibern vertauscht und sei nur als Vermittler venezianischer Gedanken an das Gebiet der spanischen Sprache aufzufassen. Ein Grund für die Verschiedenheit der spanischen und der venezianischen Stufe hat sich nicht aufzeigen lassen, dagegen ist es sehr wahrscheinlich, daß gegen das Ende des 16. Jahrhunderts in Venedig wirklich nach der Brechkraft und nicht, wie es wohl 1618 H. Sirturus (diese Zft. 1917, 5, 203 unter 9) wollte, nach der Länge des Schleifradius abgestuft wurde. Dieser Rückschritt ist erst ganz spät, um das Ende des 19. Jahrhunderts, in der Abstufung nach Dioptrien wieder überwunden worden. — In dem eine Reihe von Einzelbemerkungen zusammenfassenden Aufsatz 15 wird im wesentlichen über drei verschiedene Gegenstände gehandelt. 1. Der Gebrauch des vor das Auge gehaltenen, meist wohl für Kurzsichtige bestimmten und später als *Fernglas* bezeichneten Einglases war im 16. Jahrhundert schon so weit verbreitet, daß 1583 dafür in Nürnberg Dutzendpreise amtlich festgesetzt werden konnten, und dabei scheint man bis tief in das 18. Jahrhundert hinein geblieben zu sein. Diese Gläser hatten die Bequemlichkeit, sich schnell entfernen zu lassen, wenn man mit Leuten einer gesellschaftlich höheren Stellung sprach. Einige weitere Belegstellen für den Gebrauch des zuerst in England üblichen, einzuklemmenden Einglases werden angegeben. 2. Der Absatz venezianischer Brillengläser läßt sich durch verschiedene Stellen, 1577 und 1596, belegen, während sie später, zusammen mit kleinen Handröhrchen, um 1816 bei E. T. A. Hoffmann auftreten. 3. Die Kenntnis der sehr bemerkenswerten Brillenentwicklung in Spanien ist bei uns noch sehr lückenhaft: es wird eine Tafel für die Zeit vor 1586 bis zu 1752 mit den Einzelnachweisen angegeben, die dem Verfasser als spanischen Ursprungs bekannt sind. Es kann schwerlich bezweifelt werden, daß die Spanier in dem Bestreben, dauernd zu tragende Brillen zu entwickeln und anzuwenden, allen anderen Völkern voraus gewesen sind.

Wendet man sich nun zu den Arbeiten, die sich im wesentlichen mit dem 17. und dem 18. Jahrhundert beschäftigen, so sei zunächst *Greoff* mit 13 erwähnt. Es wird genügen, auf 6 in dem vorigen Bericht (diese

Zft. 1922, 10, 285) zurückzuverweisen. — H. Erffle berichtet in 9 in unserer Sprechweise über schwache Sammelgläser mit ganz großem Abstände. Sein erster Fall, die Linse von J. T. Desaguliers, war in der oben bezeichneten Hinsicht schon einmal herangezogen worden (diese Zft. 1907, 5, 203 unter 7), dagegen ist seine von 1772 stammende Anführung des süddeutschen Optikers J. Bischoff für diese Aufgabe anscheinend bis jetzt unbekannt geblieben. — Eine kleine Angabe der Brillenhändler und Brillenmacher in dem damals etwa 110 000 Einwohner zählenden Berlin unter 4 bezieht sich auf die Jahre 1778 bis 1784 und weist dafür 8 (7) und 1 auf. Im Zusammenhang damit kann man erwähnen, daß 1764 in London 35 Personen (angenhört wohl die Gesamtheit der selbständigen Fachmänner dieser Stadt) ihre Unterschriften unter eine optisch wichtige an den Staat rat gerichtete Eingabe st. Contr. (Ztg. f. Opt. u. Mech. 1920, 44, 379, v. 10. XI.) setzten. Die meisten von ihnen werden auch Brillengläser geworfen haben. Das deutliche Überwiegen der Brillenhändler in Berlin wird durch die ungemessenen Brillenmengen zu erklären sein, die von den oberdeutschen Brillenwerken zu lächerlichen Preisen auf den Markt geworfen wurden. — Eine besondere Form des Einglases, die von einer Malerin des ausgehenden 18. Jahrhunderts verwandt wurde, schildert M. v. Pflugk in einer sorgfältigen, mit zwei Abbildungen ausgestatteten Darstellung, 17.

Wendet man sich nun zu der letzten, die neueste Zeit umfassenden Gruppe, so ist zunächst der Arbeit 12 zu gedenken. Es handelt sich hier um die Neuherausgabe einer für die Lehre von der Brille wichtigen Arbeit in einer Übersetzung aus dem Englischen. Die Anforderungen, die man an eine Dreistärkenbrille stellen kann, werden in einer meisterhaften Weise auseinander gesetzt und daneben aus ziemlich früher Zeit zitiernmäßige Beobachtungen über den Augenastigmatismus beigebracht. — Ungefähr auf der gleichen Stufe steht eine zusammenfassende Arbeit M. v. Rohrs, 19, wo der große Streit bei der Einführung der periskopischen Brillengläser auf Grund der glücklicherweise recht vollständig erhaltenen Akten geschlichtet wird. Auch hier findet die Übersetzung der alten englischen Schriftchen eine sehr wertvolle Erweiterung unserer Kenntnisse auf geschichtlichem Gebiete. W. H. Wollaston, der, ohne den Astigmatismus schiefer Bündel zu kennen, den ziemlich tief durchgebogenen Meniskus als Brillenglas einzuführen vorschlug, begegnete dem heftigen Widerspruch eines Londoner Optikers W. Jones, und dem Hin und Her dieses Streites kann man wertvolle Angaben über Brillenvorkommen, Bearbeitungsverfahren, Preise, Spiegelbilder usw. entnehmen. — Die gemeinsame Arbeit 6 A. v. Pflugks und M. v. Rohrs sucht einiges Licht auf die Entwicklung der ersten als *Lorgnetten* bezeichneten Stielbrillen im 18. Jahrhundert zu werfen. Einige Leser werden geru davon Kenntnis nehmen, daß es den Bearbeitern glückte, weitere Bemerkungen Goethes gegen das Brillentragen aufzufinden neben den schon (diese Zft. 1907, 5, 6) länger bekannten. Auch die sehr unliebenswürdige Haltung der großen Menge gegen jugendliche Brillenträger ließ sich nach gleichzeitigen Berichten schildern, das ergibt ganz überraschend wirkende kulturgeschichtliche Einzelheiten. Kehrt man zu den Stielbrillen zurück, so ist hier bei dem fast vollständigen Mangel an Vorarbeiten wenigstens ein erster Versuch gemacht worden, den verschiedenen im Laufe der Zeit auftretenden Formen der meistens beidseitigen Stielbrille nachzugehen und die Nachrichten über ihr Auftreten festzulegen. *Daza*

handelt es sich hauptsächlich um die bessergestellten Schichten der Gesellschaft, und namentlich um die Mitte des Jahrhunderts werden sehr zierlich und geschmackvoll ausgestattete Formen auf den Markt gebracht, die in dem Aufsatz zum Teil auch abgebildet werden. — In der Arbeit 11 stellt *H. Nitsche*, ein Angehöriger des Rathenower Brillenwerks von *Nitsche & Günther*, die Entwicklung des Rathenower Brillengewerbes dar. Für den ersten Zeitraum unter den beiden *Dunckers* bringt er im wesentlichen bereits bekanntes, aber in der eingehender behandelten neueren Zeit, etwa von den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts abwärts, ist seine Zusammenstellung vorläufig ohne jedes Seitenstück. Es handelt sich hier um eine gründliche volkswirtschaftliche Untersuchung, worin die Entwicklung der Rathenower Schleif- und Gestellbetriebe ebenso eingehend geschildert wird wie die wirtschaftliche Seite. Rohstoffe und Absatzverhältnisse finden sich nicht weniger behandelt als die Absatzgebiete, die Werbebestrebungen, die Lohn- und Krankenverhältnisse, die Kriegs- und die Übergangswirtschaft. — Ebenfalls ganz für sich selbst steht *H. Boegehold* 18. Er hat mit großer Sorgfalt die Bemühungen geschildert, die von den Augenärzten namentlich im Anschluß an Helmholtzens großes Handbuch zwischen 1864 und 75 zur Zusammensetzung der Abbildungen von Brille und Auge gemacht wurden. *F. C. Donders*, *H. Knapp*, *L. Mauthner* standen damals in erster Reihe und zeichneten sich durch eine besonders große Sorgfalt in der Form der Darstellung aus. Erwähnt sei, daß man ganz im Gegensatz zu dem heutigen Brauch die Knoten vor den Hauptpunkten bevorzugte. In praktischer Hinsicht war dieser Zeitraum, wie auch der Verfasser dieser Zusammenstellung hervorhebt, recht wenig ertragreich.

Nur uneigentlich zur Brillenkunde gehören die stenopäischen oder Lochbrillen, zu denen *R. Greeff* 21 eine große Menge von Angaben gesammelt und durch zahlreiche Abbildungen erläutert hat. Hier wird es genügen, die Greeffschen Überschriften der Abschnitte jener Arbeit anzuführen, die sich auf die Lochbrillen beziehen. Schielbrillen; stenopäisches Sehen in Ritterhelmen; stenopäische Brillen zur Verbesserung der Sehschärfe, gegen intensive Beleuchtung; stenopäische Schieß- und Schutzbrillen. *M. von Rohr, Jena.*

Besprechungen.

Stavenhagen, A., Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1922. X, 543 S. und 170 Holzschnitte.

Dieses Lehrbuch, das in zweiter Auflage erscheint, will den Studierenden, die Chemie nicht als Hauptfach betreiben, ein Führer sein. Es muß sich also, dieser Bestimmung entsprechend, auf das zum Verständnis Wichtigste beschränken und den Lehrstoff in leicht verständlicher Form vortragen. Das Bestreben, diese Grundsätze zur Geltung zu bringen, ist überall erkennbar, und es ist dem Verfasser da, wo es sich um die Vermittlung reiner Tatsachen handelt, meist recht gut geglückt, Stoffauswahl und Darstellung den verhältnismäßig geringen Ansprüchen, die er an seine Leser stellt, anzupassen, wozu auch die vielen schönen Abbildungen mit beitragen. Leider muß aber festgestellt werden, daß die selteneren Elemente nicht mit der gleichen Sorgfalt behandelt sind wie die häufiger vorkommenden. Solche Sätze wie: „ob die Helium enthaltenden Mineralien als Heliumverbindungen anzusehen sind, erscheint zweifelhaft“ (S. 181), sollten heute

nicht mehr gedruckt werden. Auf den Zusammenhang des Heliumgehaltes mit dem Uran wird an dieser Stelle überhaupt nicht hingewiesen; wenn auch später auf S. 363 im Abschnitt „Radioaktivität“ hierauf Bezug genommen wird. Versehen, wie die Angabe, Cäsiumplatinchlorid sei leichter löslich als das entsprechende Rubidiumsals, sind nicht selten. Gänzlich unangemessen und mit zahlreichen tatsächlichen Fehlern behaftet ist aber die Darstellung der seltenen Erden; des Zirkoniums, Thoriums, Vanadiums, Tantals auf S. 398 bis 407. Hier hätte bei der vollständigen Umarbeitung der alten Auflage in erster Linie die bessernde Hand angelegt werden sollen, um die mitgeteilten Tatsachen in Einklang mit dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft zu bringen. Denn dieses Buch ist seinem ganzen Charakter nach ein beschreibendes, ein Tatsachenbuch. Darüber können auch die an vielen Stellen eingestreuten, aber mit dem Gesamthalt nicht organisch verbundenen theoretischen Erörterungen nicht hinwegtäuschen, die häufig infolge ihrer allzu knappen Fassung mißverständlich wirken und mehr Verwirrung als Aufklärung schaffen. Die Ausführungen über *umkehrbare Reaktionen* auf S. 26, die Definition des Begriffs „Phase“ auf S. 78, der „Dissoziationstemperatur“ auf S. 255, die Erörterung der *Löslichkeitsverhältnisse* bei kristallwasserhaltigen Salzen, die weder von dem Begriff des Bodenkörpers noch von dem des Umwandlungspunktes Gebrauch macht, auf S. 311, die widerspruchsvolle Erläuterung des *Massenwirkungsvorganges* bei der Fällung von Magnesiumsalzen mit Ammoniak auf S. 370, die ganz unzulängliche Erklärung der Begriffe „*Enantiotropie*“ und „*Monotropie*“ auf S. 190, die sich an die Besprechung des Phosphors anschließt, während beim Schwefel von dem Verhältnis der beiden Hauptmodifikationen überhaupt nicht die Rede ist, um nur einige Beispiele herauszugreifen, beweisen zur Genüge, daß ein Versuch, solche grundlegenden Dinge, die eigentlich die ganze Darstellung durchdringen müßten, in einigen Zeilen abzutun, von vornherein zur Unfruchtbarkeit verdammt ist.

Ein vollkommener Verzicht auf physikalisch-chemisches Beiwerk, solange es eben Beiwerk bleibt, erschiene mir immer noch besser, als ein schwächliches Kompromiß, das niemals die Wirkung haben kann, dem Lernenden einen lebendigen Begriff von den die Einzeltatsachen beherrschenden Gesetzmäßigkeiten zu vermitteln. *R. J. Meyer, Berlin.*

Vanino, Ludwig, Handbuch der präparativen Chemie, ein Hilfsbuch für das Arbeiten im chemischen Laboratorium. I. Band: Anorganischer Teil. Zweite, vielfach vermehrte Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1921. XVI, 812 S. und 95 Textabbildungen. 16 × 25 cm.

Eine eingehendere Besprechung dieses Buches hat der Berichterstatter beim Erscheinen der ersten Auflage in dieser Zeitschrift (1914, S. 39) veröffentlicht. Da eine Änderung in der Anlage und im Plan nicht zu verzeichnen ist, so kann ich mich auf die Feststellung beschränken, daß eine Bereicherung des Inhalts durch eine Reihe neuer und wertvoller präparativer Methoden stattgefunden hat. Freilich bleiben die Einwände, die gegen Einzelheiten in der ersten Auflage erhoben wurden, bestehen, da der Verfasser sie in der Neuauflage nicht berücksichtigt hat. *R. J. Meyer, Berlin.*

Vanino, Ludwig, Handbuch der präparativen Chemie, ein Hilfsbuch für das Arbeiten im chemischen Laboratorium. II. Band: Organischer Teil. Zweite Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1923. XX, 887 S. und 27 Textabbildungen. 16 × 25 cm.

Die Entwicklung der organischen Chemie geht immer mehr in die Breite. Der Reisende, der sich ohne allzu großen Zeit- und ohne unnötigen Arbeitsaufwand in dem schwer überschaubaren ausgedehnten Gebiete bewegen will, bedarf immer mehr guter Hilfsbücher. Wie notwendig sie sind, zeigt die Tatsache, daß in dem armen Deutschland gerade jetzt eine Reihe derartiger Laboratoriumsbücher ihre Neuauflage erlebt. Sie machen es sich zumeist zur Aufgabe, die Lehrbücher nach der praktischen Seite hin zu ergänzen. Die verschiedenen Arbeitsverfahren des Laboratoriums, chemische Operationen und Hilfsmethoden, werden systematisch geschildert und an einzelnen Beispielen in ihren speziellen Ausführungsformen beschrieben. Dem Experimentator, der vor bestimmten wissenschaftlichen Aufgaben steht, soll gezeigt werden, wie sich andere Forscher in ähnlichen Fällen geholfen haben. Der Nutzen solcher Hilfsmittel auf einem Arbeitsgebiet, das große Anforderungen an die experimentelle Vielseitigkeit, Fündigkeit und Geschicklichkeit des Forschenden stellt, kann nicht überschätzt werden. Der Benutzer wird sich ja immer bewußt bleiben, daß sie ihm den Gebrauch der Original-literatur nicht ersetzen, sondern nur erleichtern sollen.

Der Zweck des Handbuches der präparativen Chemie von Vanino, dessen organischer Teil jetzt in zweiter von Vanino, dessen organischer Teil jetzt in zweiter will keine weitgreifende kritische Allgemeinschilderung der Methodik geben, sondern will mit Rat und Tat an die Hand gehen, wenn es sich um die rasche Darstellung längst bekannter Verbindungen handelt. Nicht dem Forschungsreisenden, der weltentlegene fremde Länder aufsucht, soll hier geholfen werden, sondern der allgemeineren Reiseverkehr in kultivierter gut bekannter Gegend soll erleichtert werden. Fast könnte man es mit einem Kursbuch vergleichen, das uns ohne besondere Mühe anzeigt, auf welchem Weg wir am raschesten und billigsten hierhin oder dorthin kommen. Dem Experimentator, der für seine Arbeiten als Rohmaterial bald diese, bald jene Verbindung braucht, will Vanino helfen. Das zeitraubende Blättern in der Originalliteratur soll erspart werden, indem der Verfasser für eine große Anzahl gangbarer Verbindungen die kritische Sichtung der verschiedenen Vorschriften des Schrifttums übernommen und den Extrakt solcher vergleichenden Studien in einer langen Reihe von Spezialrezepten niedergelegt hat.

Bemerkenswert ist die Fülle des Gebotenen. In mehr als 1100 Rezepten werden hier alle wichtigen Körperklassen der organischen Chemie in ihren wesentlichen Vertretern abgehandelt. Wie der Chemiker findet hier der Physiologe und Biologe die für ihn aktuellen Stoffe bzw. die Wege angegeben, wie er zu ihnen kommen kann. Arzneimittel, Alkaloide, Riechstoffe, Kohlehydrate, Blut- wie Blattfarbstoff sind vertreten. Wir freuen uns über die Vielseitigkeit des Inhalts, die gegenüber der ersten Auflage noch erhöht ist. Dem anspruchsvollen und verdienstvollen Werk ist auch in seiner neuen Auflage eine bereitwillige Aufnahme sicher.

M. Bergmann, Dresden.

Kneser, Adolf, Die Integralgleichungen und ihre Anwendungen in der mathematischen Physik. Braun schweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1922. VIII, 292 S. 14 × 22 cm.

Die Kenntnis der Integralgleichungen gehört heute meist noch nicht zum gewöhnlichen Rüstzeug des Physikers. Dennoch bieten sich für sie reiche Anwendungsmöglichkeiten in der theoretischen Physik, und sicherlich sind diese Möglichkeiten noch keineswegs völlig ausgeschöpft. Ob und welche Bedeutung für die Physik

ihrer noch harrt, vermag niemand zu sagen (man denke etwa an die Bedeutung, die verschiedene Gebiete der Mathematik durch die Relativitätstheorie plötzlich gewonnen haben). Es ist daher wohl durchaus gerechtfertigt, auch an dieser Stelle auf die 2. Auflage des vorzüglichen Lehrbuchs von Kneser hinzuweisen, das freilich für den Nichtmathematiker nicht überall gerade sehr leicht geschrieben ist. Den reichen Inhalt darzustellen, ist hier unmöglich. Es soll nur mit ein paar Worten zu sagen versucht werden, was Integralgleichungen sind. Es sei λ eine Konstante, $K(x, \xi)$ eine Funktion der beiden Variablen x und ξ , definiert in einem bestimmten Bereich, etwa 0 bis 1, so nennt man die Gleichung:

$$\varphi(x) = \lambda \int_0^1 K(x, \xi) \cdot \varphi(\xi) \cdot d\xi$$

aus der $\varphi(x)$ zu bestimmen ist, eine **homogene Integralgleichung** mit dem „Kern“ K . Der Kern muß im einfachsten Fall bestimmte Symmetrie- und Stetigkeitseigenschaften besitzen. Es zeigt sich, daß dann die Gleichung i. a. nur für bestimmte Werte λ die „Eigenwerte“, lösbar ist. Zu jedem „Eigenwert“ gehören endlich viele unabhängige Lösungen, die „Eigenfunktionen“ des Kerns. Diese haben eine Reihe bemerkenswerter Eigenschaften. Ist z. B. $f(\alpha)$ eine „stückweise stetige“ Funktion, so kann jede Funktion der Form:

$$F(x) = \int_0^1 K(x, \alpha) \cdot f(\alpha) \cdot d\alpha$$

in eine konvergente Reihe:

$$\sum_n A_n \varphi_n(x)$$

der Eigenfunktionen mit konstanten Koeffizienten entwickelt werden. Es ist das eine Erweiterung der für die Physik so wichtigen Fourierreihenentwicklungen. Auch die Kernfunktion ist durch eine ähnliche Reihe darstellbar. Die Gleichung:

$$\varphi(x) = f(x) + \lambda \int_0^1 K(x, \xi) \cdot \varphi(\xi) \cdot d\xi$$

ist eine „nicht homogene Integralgleichung“. Hier sind λ , $f(x)$, $K(x, \xi)$ gegeben. $\varphi(x)$ verlangt.

Nun ein physikalisches Beispiel. Eine Saite der Länge 1 sei an beiden Enden eingespannt. Die Schallgeschwindigkeit sei 1. Auf jedes Teilchen wirke ferner eine zeitlich periodische, örtlich wechselnde Zwangskraft $X = F(x) \cdot \cos(st + \gamma)$. Die Schwingungsgleichung in Differentialform heißt dann:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + F(x) \cdot \cos(st + \gamma)$$

(t Zeit, u Verrückung).

Diese Differentialgleichung läßt sich durch eine Integralgleichung ersetzen. Um sie aufzustellen, betrachtet man zuerst den sehr einfachen Fall, daß die Saite gar nicht schwingt und nur im Punkt $x = \xi$ eine Kraft wirkt. Die Saite nimmt dann offenbar die Gestalt einer gebrochenen geraden Linie an; es ist:

$$u = K(x, \xi) = x(1 - \xi) \text{ für } x < \xi$$

$$u = K(x, \xi) = \xi(1 - x) \text{ für } x > \xi$$

Dieser statische Fall liefert uns für den folgenden allgemeinen Fall den „Kern“ K .

Jetzt betrachten wir „freie Schwingungen“ der Saite, die Zwangskraft $F(x)$ sei null. Dann läßt sich die Verrückung u in der Form ansetzen:

$$u_1 = \sum_n \varphi_n(x) \cdot [a_n \cos n\pi t + b_n \sin n\pi t]$$

wobei, wie sich zeigt, die $\varphi_n(x)$ einer bestimmten homogenen Integralgleichung genügen müssen. Man erhält die aus der Schwingungslehre wohl bekannte Lösung:

$$\varphi_n(x) = \text{Const.} \sin n\pi x$$

Ist im allgemeinsten Fall die Zwangskraft $F(x) \cdot \cos(st + \gamma)$ vorhanden, so wird sich der freien Schwingung u_1 eine „erzwungene Schwingung“ der Form $u_2 = \psi(x) \cdot \cos(st + \gamma)$ überlagern. Dabei muß $\psi(x)$ einer bestimmten, nicht homogenen Integralgleichung genügen. Auf Grund der allgemeinen Theorie der Integralgleichungen kann man ihre Lösung sofort hinschreiben und die Schwingung $u = u_1 + u_2$ jedem gegebenen Anfangszustand anpassen. Das ist ein Beispiel.

Anwendungsmöglichkeiten für Integralgleichungen liegen bei allen Randwertaufgaben, also bei Schwingungsaufgaben, auch mehrdimensionalen, bei Problemen der Wärmeleitung, der Stromleitung u. ä. vor.

Wer sich für das Gebiet interessiert, dem sei das Lehrbuch von Kneser empfohlen.

Ernst Lamla, Berlin.

Cappeller, Moritz Anton, *Prodromus Crystallographiae*.

Herausgegeben und übersetzt von Karl Mieleitner in München. München, Piloty & Loeb, 1922. VIII + 39 + 47 S. und 3 Tafeln. 18 × 27 cm.

Die erste Hälfte dieser mit Unterstützung der Naturforschenden Gesellschaft in Luzern und anderer Schweizer Freunde der Naturwissenschaft herausgegebenen Schrift bringt den Abdruck der 1723 in Luzern erschienenen lateinischen Abhandlung *Cappellers*, die zweite Hälfte ihre Übersetzung ins Deutsche, die vom Übersetzer durch Fußnoten belebt und in Beziehung zu den modernen Anschauungen und Bezeichnungen gesetzt wird. — *Cappeller*, Arzt, Gelehrter und Mitglied des Luzerner hohen Rates, der Hauptbedeutung nach jedoch Mineraloge, beabsichtigte eine umfangreiche Naturgeschichte des „Crystallus“, d. h. des Bergkristalls, zu geben. Von dem in 3 Bücher eingeteilten Werk erschien aber 1719 nur — Titel, Vorwort und Inhaltsverzeichnis. In diesem Fragment kommt zum erstenmal die Bezeichnung „Crystallographia“ vor, freilich im engen Sinne einer Beschreibung des Quarzes. Das Manuskript des umfangreichen Werkes scheint zwar fertiggestellt worden zu sein, gedruckt wurde aber nur die vorliegende Einleitung, deren voller Titel heißt: *Prodromus Crystallographiae. De Crystallis improvisis dictis Commentarium*. Die „sogenannten“ Crystalle, die auch als „crystallisata corpora“ vom eigentlichen Crystallus unterschieden werden, sind das, was wir heute Kristalle nennen.

Der Wert der Schrift ist durchaus historischer Art. In den Gedanken über die Natur und Entstehung der Kristalle findet man zwar Vorläufer späterer fruchtbringender Theorien — z. B. der Hütty'schen Strukturvorstellungen —, aber doch nur in sehr unbestimmter Form. Die Bedeutung *Cappellers* und dieses Werkes, das von den Zeitgenossen hoch geschätzt und 50 Jahre lang nicht überholt wurde, liegt vor allem in der guten zeichnerischen Darstellung der Kristalle, wovon die Abbildungen auf den 3 Tafeln Zeugnis ablegen. Infolge dieses Umstandes ist es möglich, eine ganze Reihe von Kristallen, die in dem systematischen Kristallverzeichnis mit sonst unbekannten Namen erwähnt werden, zu identifizieren. Die Fußnoten Dr. Mieleitners weisen hierauf hin und stellen auch die von *Cappeller* angegebenen Winkel richtig. Die Konstanz der Kristallwinkel war seit *Nikolaus Steno* (1669) bekannt, vor *Romé de l'Isles* Erfindung des Anlegegoniometers war es aber offenbar nur möglich, die Winkel mit sehr geringer Genauigkeit zu messen. Immerhin betont

Cappeller bei verschiedenen Gelegenheiten die Wichtigkeit der „äußeren Gestalt“ (gemeint sind wohl die Winkel), auch als bestes Unterscheidungsmerkmal zwischen verschiedenartigen Kristallen.

Daß die sehr selten gewordene Schrift dank den Bemühungen der herausgebenden Gesellschaft und der Sachkenntnis des Herausgebers in so lebendiger Form den Freunden der Geschichte der Kristallographie zur Verfügung steht, ist aufrichtig zu begrüßen.

P. P. Ewald, Stuttgart.

Bohr, N., Über die Quantentheorie der Linienspektren.

Übersetzt von P. Hertz. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. IV, 168 S. 14 × 22 cm.

Daß diese Abhandlungen aus dem Jahre 1918 jetzt in deutscher Übersetzung erscheinen, hat weit mehr als historisches Interesse. Denn wenn auch eine Reihe von Einzelfragen über den Atombau z. T. gerade durch neue Arbeiten von *Bohr* selbst inzwischen erheblich weiter gefördert wurden, so sind doch diese neuen *Bohr*'schen Untersuchungen vorläufig nur in so programmatischer Form bekannt geworden, daß nicht viel mehr als ihre Grundgedanken und leitenden Ideen zur soliden Grundlage weiterer Forschungen verwendet werden können. Im Gegensatz dazu führt der vorliegende Band mitten in die Einzelheiten der Arbeitsweise *Bohrs* hinein, die sich stark von den Methoden anderer Theoretiker unterscheidet. Man vergleiche z. B. die Behandlung des Starkeffekts bei Wasserstoff durch *Epstein*, wo durch Spezialisierung der Bahnbestimmung eines Körpers unter der Anziehung von zwei festen Zentren nach *Jakobis* Methoden in der Himmelsmechanik, durch Einführung parabolischer Koordinaten und komplexe Integration von Phasenintegralen dieselben Resultate erreicht werden, wo *Bohr* später mit Hilfe eines einfachen mechanischen Satzes über die Bewegung des elektrischen Schwerpunktes zum Ziel gelangt. Charakteristisch für *Bohrs* Arbeitsweise ist die immer wiederkehrende Verwendung des *Ehrenfest*'schen Adiabatensatzes, der Methode der kleinen Störungen und der Anwendung des dort zum ersten Mal ausgesprochenen Korrespondenzprinzips, angewendet nach vorausgehender Uniformisierung durch Darstellung aller Bewegungen als Fouriersche Reihen, Prinzipien, die den unmittelbaren Anschluß der Quantentheorie an die klassische Betrachtungsweise in den Vordergrund stellen, und diese Analogie nicht nur prinzipiell hervorheben, sondern erfolgreich methodisch verwerten. Im einzelnen interessiert besonders der bisher unveröffentlichte dritte Teil der Abhandlungen, in welchem ähnliche systematische Betrachtungen über die Spektren angestellt werden, wie sie *Kossel* und *Sommerfeld* bei ihrem „Verschiebungssatz“ verwertet haben. Wertvoll sind auch die Anmerkungen zum dritten Teil als Nachtrag, in welchem wir *Bohrs* persönliche Ansicht über einige zurzeit noch ungeklärte Fragen der Atomphysik hören. Die durch P. Hertz besorgte Übersetzung aus den englisch geschriebenen Originalabhandlungen der Kopenhagener Akademie ist mustergültig.

A. Landé, Tübingen.

Walker, James, Einführung in die physikalische Chemie.

Dritte, vermehrte Auflage. Nach der achten Auflage des Originals übersetzt und herausgegeben von H. v. Steinwehr. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. VIII, 494 S. und 65 Abbildungen.

Wohl die schwierigste Frage, die an einen Hochschullehrer der physikalischen Chemie von seinen Hörern gestellt wird, ist die nach einem Lehrbuch des Faches. Denn nur die kleinere Schar der besonders

befähigten oder der sich speziell der physikalischen Chemie widmenden Studierenden findet eine sichere Führung in dem klassischen Werk von *Nernst*, das seit kurzem durch das vorzügliche Buch von *A. Eucken*¹⁾ in mancher Hinsicht in wertvoller Weise ergänzt wird. Für den Durchschnittsstudenten der Chemie ist aber nicht nur das erste, sondern wie der Unterzeichnete von manchem seiner Hörer erfahren mußte, auch das zweite Buch teilweise zu schwer.

In dem vorliegenden Buch von *Walker*, das in englischer Sprache in 20 Jahren schon zahlreiche Auflagen erlebt hat, macht sich der Verfasser zur besonderen Aufgabe, die Schwierigkeiten, die der Gegenstand bietet, so weit als möglich hinwegzuräumen, und zwar ist er bemüht, speziell den Zusammenhang zwischen den gewöhnlichen chemischen Kenntnissen des Studierenden und dem neuen Gegenstand herzustellen. Diesen Zweck sucht der Verfasser dadurch zu erreichen, daß er nicht eine systematische Darstellung des Gesamtgebietes anstrebt, sondern in 37 Kapiteln eine Reihe der wichtigeren Fragen der physikalischen Chemie behandelt. Einige Kapitelüberschriften mögen die Einteilung charakterisieren: 1. Maßeinheiten und Grundmaße. 5. Spezifische Wärmen. 9. Verdampfung und Kondensation. 13. Hydrate. 14. Thermochemie. 20. Methoden der Molekulargewichtsbestimmung. 24. Elektrolytische Dissoziation. 27. Relative Stärke von Basen und Säuren. 31. Elektromotorische Kräfte.

Die einzelnen Kapitel behandeln ihren Gegenstand in einer sehr klaren Weise, wobei die Ausführungen durch viele lehrreiche, für die Praxis des Chemikers nützliche Beispiele belebt und durch zahlreiche Figuren und Tabellen veranschaulicht werden.

Als eine Schwäche des Buches muß aber angesehen werden, daß die Thermodynamik bis auf das letzte „Thermodynamische Beweise“ betitelte Kapitel in der Darstellung fast gar nicht herangezogen wird. Das entspringt wahrscheinlich der leicht zu machenden Erfahrung, daß gerade die Benutzung der Thermodynamik in ihrem üblichen mathematischen Gewand, schon auf den ersten Seiten der größeren Werke dem Anfänger das Verständnis dieser Werke erschwert, wenn nicht unmöglich macht. Deshalb müßte es aber als eine der vornehmsten Aufgaben einer ersten Einführung in die physikalische Chemie, sei es Buch oder Vorlesung, angesehen werden, dem Studierenden über diese Schwierigkeit hinwegzuhelfen und ihm in einer möglichst anschaulichen und mathematisch möglichst einfachen Form den Geist der Anwendungen der Thermodynamik auf chemische Probleme zu vermitteln. Begriffe, wie die der freiwilligen und unfreiwilligen, der umkehrbaren und der nichtumkehrbaren Vorgänge, der maximalen Arbeit als Maß der chemischen Affinität usw. lassen sich doch ohne jeden mathematischen Apparat klarmachen, und erst durch sie wird ja der Zusammenhang zwischen den wichtigsten Kapiteln der physikalischen Chemie, wie Gleichgewichtslehre und Elektrochemie, verständlich. Indem jedoch der Verfasser die Thermodynamik aus seiner Darstellung fast ganz verbannt (in dem Kapitel Thermochemie wird der Satz von der Erhaltung der Energie kurz erwähnt) und nur in dem letzten Kapitel in der üblichen Weise einige thermodynamische Formeln ableitet, entfernt er sich bedenklich von seinem Hauptzweck, die Grundlagen der physikalischen Chemie zu erklären: denn unter diesen Grundlagen ist die Thermodynamik eine der wichtigsten.

Wenn auch in der eben erwähnten Hinsicht das

Buch weniger bietet als man einem durchschnittlich begabten Studenten der Chemie unschwer beibringen kann, rechtfertigt die ganz vortreffliche Darstellung dessen, was es bringt, den bisherigen Erfolg des Buches durchaus, und es wird auch fernerhin vielen sehr wertvolle Dienste leisten.

K. Fajans, München.

Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen.

4. Auflage. (Sammlung Vieweg, Heft 45.) Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. XI, 137 S. und 11 Abbild.

Die bekannte Schrift von K. Fajans liegt nunmehr bereits in 4. Auflage vor — ein deutlicher Beweis der großen Wertschätzung, deren sie sich verdienstermaßen in weiten Kreisen erfreut —, und es dürfte darum genügen, jene Punkte zu erwähnen, in denen die Darstellung gegenüber den früheren Auflagen verändert oder erweitert ist. Die wertvollsten neuen experimentellen Ergebnisse, die referiert werden, sind die Resultate der Massenspektroskopie (*Aston*), der Atomzertrümmerung (*Rutherford*), und der Isotopentrennung (*Brönsted* und *v. Hevesy*). Von theoretischen Betrachtungen ist das Kapitel über die Eigenschaften der Isotope umgearbeitet und eine Besprechung der Kernstruktur neu eingefügt, in der der Autor nicht nur die Ansichten von *Harkins* und namentlich *Lise Meitner* wiedergibt, sondern daran anknüpfend eigene Überlegungen mitteilt, die auch für das Gebiet der inaktiven Elemente gelten. Gekürzt erscheint u. a. das Kapitel über die Fällungsreaktionen der Radioelemente, in welchem jetzt nur die beiden einschlägigen Arbeiten des Autors, nicht aber die dazwischenliegenden Adsorptionsversuche erwähnt werden, von denen die theoretische Klärung dieses Gebietes ausging; es erscheint fraglich, ob in dieser Form der Leser ein Verständnis der Fällungsvorgänge gewinnen kann, doch hängt diese Frage ja mit dem Hauptthema des Buches nur lose zusammen. Eine Änderung weist die Terminologie der Isotope auf; der Autor betrachtet Isotope nicht mehr als verschiedene chemische Elemente, sondern nur als verschiedene Arten desselben chemischen Elementes — der Majorität folgend, aber nicht überzeugt, wie er im Vorwort betont. Die Darstellung gewinnt dadurch aber so sehr an Übersichtlichkeit, daß wohl anzunehmen ist, daß der Autor diese — vielen seiner Fachgenossen als einzig naturgemäß erscheinende — Bezeichnungsweise schon von der 5. Auflage seines Buches an benutzen wird, ohne das Gefühl eines *sacrificium intellectus* zu haben.

F. Paneth, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Das Blei-Bogenspektrum.

In dieser Zeitschrift 11, S. 78, 1923, hat Herr V. Thorsen eine vorläufige Mitteilung gemacht über Serien, die er im Bleibogenspektrum gefunden hat. Es ist ihm gelungen, eine scharfe und eine diffuse Nebenserie von Triplets zu analysieren. Sämtliche von ihm eingeordnete Linien entstehen in Emission beim Übergang von höheren *s*- oder *d*-Termen zu drei *p*-Termen, die Thorsen mit $2p_1$, $2p_2$ und $2p_3$ bezeichnet, und die die Werte $2p_1 = 38\,362$, $2p_2 = 49\,173$ und $2p_3 = 52\,005$ cm⁻¹ haben. Von besonderem Interesse scheint bei dieser Sachlage die Frage nach dem Normalzustand des Bleiatoms. Entspricht etwa $2p_3$, der größte der von Herrn Thorsen gefundenen Terme, dem Normalzustand oder nicht? Zu dieser Frage glaube ich auf

¹⁾ Vgl. Die Naturwissenschaften 10, 1083 (1922).

Grund von Absorptionsversuchen einen Beitrag liefern zu können. Diese Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß ein 15 cm langes zylindrisches Quarzrohr mit planparallelen Endplatten, mit etwas reinem Blei beschickt und evakuiert, in einem elektrischen Ofen erhitzt wurde. Das Absorptionsspektrum wurde in der üblichen Weise bei Verwendung einer Wolframdrahtglühlampe als Lichtquelle mit einem Quarzspektrophographen photographiert. Das Resultat dieser Untersuchungen ist folgendes: Wenn man die Temperatur des Ofens allmählich steigert, so erscheint zuerst bei etwa 700–800 ° C die Linie $\lambda = 2833$ in Absorption, die bei weiterer Steigerung der Temperatur an Stärke und Breite erheblich zunimmt.

Bei ca. 1100 ° sind außerdem folgende Linien als feine Absorptionslinien sichtbar und schwach gegenüber 2833 zu beobachten: relativ am stärksten $\lambda = 3639$, schwächer $\lambda = 3683$, noch schwächer $\lambda = 4057$, 2614,26, 2613,74 und 2577. Die Absorptionsspektren reichten etwa bis 2300 Å. E.; etwa vorhandene noch ultraviolette Absorptionslinien konnten infolgedessen nicht zur Beobachtung kommen.

Dieser Befund läßt mit Bestimmtheit erwarten, daß $\lambda = 2833$ eine Linie ist, die in Absorption von dem dem Normalzustand des Bleiatoms entsprechenden Term ausgeht. Diese Linie ist in den von Herrn Thorsen mitgeteilten Serien nicht enthalten. Ich glaube dieselbe folgendermaßen richtig in das Serienschema einordnen zu können. Die Linie $\lambda = 2833$ ist die Grundlinie einer weiteren scharfen Nebenserie und entsteht in Emission beim Übergang von dem Term $2s$ nach einem neuen p -Term, den ich mit $2p_4$ bezeichnen möchte. Dieser berechnet sich dadurch zu $2p_4 = 59\,826 \text{ cm}^{-1}$. Die Richtigkeit dieser Annahme wird dadurch gestützt, daß nunmehr die starke Linie $\lambda = 2170$, die auch bisher in Herrn Thorsens Seriensystem nicht enthalten ist, gedeutet werden kann als $\nu = 2p_4 - 3d_2$. Es ist $\nu_{2170} = 46\,081,5$ und $2p_4 - 3d_2 = 59\,826 - 13\,746 = 46\,080 \text{ cm}^{-1}$. Kombinationen von $2p_4$ mit den übrigen Termen $3d_1$ treten anscheinend nicht auf. Nach dieser Festlegung des Termes $2p_4$ kann man natürlich die Wellenlängen der höheren Linien der Serien $2p_4 - m s$ und $2p_4 - n d_2$ berechnen. Für den Vergleich mit der Beobachtung kommt als langwelligste dieser Linien $\nu = 2p_4 - 3s$ in Frage, für die sich λ zu 2053,4 Å. E. berechnet. Tatsächlich ist nun, wie mir Herr Professor N. Bohr auf meine Anfrage liebenswürdigerweise mitteilte, bei $\lambda = 2053$ eine Linie vorhanden und schon früher in Prof. Bohrs Institut nach dem McLehmannschen Verfahren in Absorption beobachtet worden. Damit erfährt die Festlegung des Termes $2p_4$ eine weitere Stütze, und dieselbe kann wohl als gesichert gelten.

Da $2p_4$ aus den Absorptionsversuchen zu schließen, dem Normalzustand des Bleiatoms entspricht, so kann man aus demselben die Ionisierungsspannung des Bleiatoms berechnen. Es ergibt sich 7,4 Volt, was mit dem von Foote und Mohler¹⁾ gemessenen Wert von 7,9 Volt innerhalb der Meßfehler übereinstimmt. Auch die weiteren Ergebnisse der Absorptionsversuche lassen sich bei dieser Festlegung des Termes $2p_4$ zwanglos verstehen. Bei zunehmender Temperatur wird bei einem Teil der Atome durch die Temperaturstöße eines der äußersten Elektronen auf höhere Quantenbahnen gehoben. Es kommen also allmählich auch Atome in den Quantenzuständen $2p_3$ und $2p_2$ in bemerkbarer Zahl vor, und es können also die von diesen ausgehenden

Linien in Absorption beobachtet werden. So erklärt sich das Auftreten von $\lambda = 3639$, entsprechend $\nu = 2p_3 - 2s$, von $\lambda = 2613,7$ und 2614,26 entsprechend $\nu = 2p_3 - 3d_2$ und $\lambda = 4057$ entsprechend $\nu = 2p_2 - 2s$. Dabei ist, wie zu erwarten, $\lambda = 4057$ schwächer als $\lambda = 3639$, da $2p_3 > 2p_2$ und also die Zahl der im Zustande $2p_2$ befindlichen Atome kleiner ist als die Zahl der Atome im Zustande $2p_3$. Auch das Auftreten von $\lambda = 2577$, die bisher in Herrn Thorsens Serienschema nicht enthalten ist, ist verständlich, da sie zu den bereits von Kayser und Runge angegebenen Linien mit konstanten Schwingungszahldifferenzen gehört und also in Absorption sicher von dem Term $2p_2$ ausgehen muß. Was nun die Linie $\lambda = 3683$ betrifft, die auch in Herrn Thorsens Serien bisher nicht enthalten ist, so bleibt deren richtige Einordnung zunächst noch offen. Da sie in Absorption etwas weniger stark als $\lambda = 3639$, aber stärker als $\lambda = 4057$ erscheint, so wäre die nächstliegende Vermutung, daß sie in Absorption von einem neuen Term $2p_5$ ausgeht, der zwischen $2p_3$ und $2p_2$ liegt. Nimmt man an, daß $\lambda = 3683$ als $\nu = 2p_5 - 2s$ zu deuten ist, so berechnet sich $2p_5 = 51\,677 \text{ cm}^{-1}$. Es ist mir aber bisher nicht gelungen, diesen Term durch weitere Kombinationen zu stützen, doch sollen die Versuche in dieser Richtung fortgesetzt werden.

Auf die Frage, ob die neuen Terme $2p_4$ und $2p_5$ den von Herrn Thorsen gefundenen Termen $2p_1$, $2p_2$ und $2p_3$ gleichwertig an die Seite zu stellen sind oder eine besondere Gruppe für sich bilden, ähnlich wie die Einfachterme der Erdalkalien neben den Tripletttermen, eine Möglichkeit, auf die Herr Prof. Bohr mich freundlichst aufmerksam machte, möchte ich hier nicht eingehen, da Herr Thorsen diese Frage in seiner ausführlichen Publikation sicher im Zusammenhange mit anderen Fragen eingehend behandeln wird.

Berlin-Potsdam, den 1. März 1923.

Walter Grotrian.

Untersuchungen an Sn-Einkristalldrähten.

Die Untersuchung ergab folgende Ergebnisse:

1. Die von Bijl und Kolkmeier¹⁾ angegebene Struktur des weißen Zinns ist unrichtig. Das Gitter des Sn hat einen tetragonalen, doppeltprimitiven Elementarkörper mit den Achsen $a = 5,83 \text{ Å}$, $c = 3,16 \text{ Å}$. Der Elementarkörper ist an den 8 Eckpunkten und in der Raummitte belegt und trägt noch je ein Atom auf je einer vertikalen Mittellinie der Seitenflächen, und zwar auf der einen Fläche in $\frac{1}{4}$, auf der anderen in $\frac{3}{4}$ Höhe.

2. Die wichtigsten Gleitrichtungen bzw. Gleitflächen von Sn sind [001], [011], [111] bzw. (100), (110).

3. Zu Bändern gedehnte Sn-Kristalle können durch Erhitzen auf 150 ° in etwa 3 Minuten durch Rekristallisation entfestigt werden. Dabei wächst ein neuer Kristall vom abgeschnittenen Ende des Bandes ausgehend mit der Geschwindigkeit von etwa 1 mm/sec in den bandförmigen Kristall hinein und zehrt diesen auf. Der neue Kristall ist zum alten meist gesetzmäßig orientiert, so daß bei Dehnung desselben die Bandbreite erhalten bleibt.

4. Reißt man einen dehnbaren Sn-Kristall in flüssiger Luft (wobei nur Dehnung um wenige Prozente eintritt), so entstehen undeformbare Reißstücke. Der Kristall verfestigt sich also hier, ohne daß dabei eine Umorientierung des Gitters eine Rolle spielen könnte.

Berlin-Dahlem, den 10. März 1923.

H. Mark, M. Polanyi, E. Schmid.

¹⁾ F. L. Mohler, P. D. Foote und H. F. Stimson, Scient. Pap. Bur. of Standards 15, 723, 1919.

¹⁾ Vgl. P. Niggli, Die Naturwissenschaften 10, 391, 1922.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 18. Dezember 1922 hielt Professor W. Behrmann (Neubabelsberg) einen Vortrag mit Lichtbildern über **die Durchbruchstäler der Südkarpathen**. Die vom Kämme der Südkarpathen auf rumänischem Gebiet südwärts der Donau zufließenden Ströme bilden fast alle tief eingeschnittene Durchbruchstäler, denen ein ziemlich hohes geologisches Alter zukommt, das meist über das Pliozän hinausgeht. Die Durchbrüche sind an Kalkschollen gebunden, die sich dem Austritt der Flüsse aus dem Gebirge entgegensetzen, weil das durchlässige Kalkgestein nicht in dem gleichen Maße durch Verwitterung und Abspülung erniedrigt worden ist wie das Urgebirge. Jün und Alt nehmen ihren Ursprung nördlich des Hauptkammes und durchbrechen das ganze Gebirge. Östlich des Alt dagegen entspringen die Flüsse am Südrande des nördlicheren der beiden, aus kristallinen Gesteinen bestehenden Gebirgszüge und durchbrechen den südlicheren, der in dem Coziagipfel bis 1675 m aufragt, in engen malerischen Schluchten. Es läßt sich nachweisen, daß dieses Coziagebirge sich gehoben hat, als der Fluß schon seinen jetzigen Lauf innehatte. In gleichem Maße, wie das Gebirge aufstieg, schnitt sich der Fluß tiefer ein, so daß ein sogenanntes antezedentes Durchbruchstal entstand. Bei dem Alt haben sich sogar, entsprechend den beiden Hauptketten des Gebirges, zwei Großfalten unter dem Flusse emporhaltend, die jener, mit der Hebung gleichen Schritt haltend, durchsägte, indem er sein Bett tiefer einschchnitt. Aus dem Studium der Terrassen an den Talhängen ergab sich, daß diese Bewegung, die sicher seit dem Pliozän stattfindet, noch in der Gegenwart andauert.

In der Sitzung am 6. Januar 1923 hielt Professor **Eduard Brückner** (Wien) einen Vortrag mit Lichtbildern über **Alte Züge im Landschaftsbilde der Ostalpen**. Die Alpen gelten als das Muster eines Faltengebirges, aber damit ist nicht gesagt, daß die Aufragung des Gebirges in große Höhen überall auf Faltung zurückzuführen ist. Nicht weit von Wien, westlich von Wiener-Neustadt, finden sich schroff aufragende Kalkklötze mit verhältnismäßig ebener Oberfläche, von denen die Raxalpe und die Schneeralpe die bekanntesten sind. Die Hochflächen, die man nach mühsamem Erklimmen der steilen Wände erreicht, stellen aber nicht etwa die Schichtfläche einer Gesteinstafel dar, sondern sie erweisen sich als Abtragungsflächen, die durch atmosphärische Einflüsse eingeebnet sind, und die ohne Rücksicht auf die Lagerungsverhältnisse der Gesteinsschichten diese vielfach schräg durchschneiden. Der Vortragende gab einen Überblick über neuere, von Wiener Geographen ausgeführte und z. T. noch nicht veröffentlichte Untersuchungen, die ein neues Licht auf die Frage der Entstehung der Alpen als Gebirge werfen.

Die Oberfläche der Rax ist ein Hügel land, das nur Höhenunterschiede bis zu 200 m aufweist, während die seitlichen Abstürze 1000 bis 1500 m betragen. Die Oberfläche, auf der sich Gerölle finden, die aus den Zentralalpen stammen, schneidet die geologischen Schichten ohne Rücksicht auf deren Lagerung in einer Höhe, die zur Zeit der Bildung dem Niveau des Karstwasserspiegels entsprach, der heute viel tiefer gelegen ist. Es muß also seitdem eine Hebung eingetreten sein, welche die Ausbildung neuer Formen zur Folge hatte, da nun die chemische Erosion wieder in die Tiefe wirken konnte. So entstanden Dolinen, die sich mitunter zu gewaltigen Trichtern entwickelten. Die einzelnen Teile des Kalkklotzes zeigen Verwerfungen,

die zum Teil noch heute oberflächlich sichtbar und auch geologisch als solche nachweisbar sind, bis zu 200 m Sprunghöhe. Die Massive sind also nicht einheitlich gehoben, sondern dabei in Teile zerbrochen. Gewaltige Schluchten zerschneiden die Plateaus. Die Eiszeit hat manche Täler trogförmig ausgestaltet und an den Abhängen die, für Gletschererosion typischen, als Kare bezeichneten Felsnischen geschaffen. Aus den vorgeführten Lichtbildern ließ sich deutlich erkennen, daß eine dünne Überstreuung mit Schnee die Einzelheiten der Formen besonders deutlich hervortreten läßt. Die Plateauoberfläche verläuft völlig unabhängig von der Lagerung der Gesteinsschichten, die vielfach um 45° gegen die Horizontale geneigt sind. In den etwa 2000 m hohen Massiven der Rax und des Schneeberges überwiegen die Formen der Flußerosion. Das höhere Dachsteingebiet dagegen läßt den modifizierenden Einfluß der ehemaligen Gletscherbedeckung deutlich erkennen. Ähnliche Reste der alten Landoberfläche zeigen der Traunstein bei Gmunden, der Untersberg bei Salzburg und einige andere Erhebungen. Nach Westen zu verschwinden jedoch ihre Spuren.

Die alten Oberflächen sind in geringer Höhe in altmiozäner, vielleicht sogar erst jung-oligozäner Zeit entstanden. Ihre jetzigen Höhen haben sie durch Hebungen erreicht, die an Brüchen und stellenweise ganz jungen Verwerfungen deutlich erkennbar sind. Am Ötscher, wo die alte Abtragungsfläche jetzt 1890 m hoch liegt, finden sich Erosionsschluchten von sehr jugendlichem Alter. Die Dislokationen fielen möglicherweise erst in die Quartärzeit. Vielfach lassen sich auch schwache Verbiegungen der Abtragungsflächen feststellen. Im Traisental gelang es, acht verschiedene Stadien des ehemaligen Talbodens nachzuweisen, von denen manche auch dieselben Verbiegungen zeigen.

Einen Beweis dafür, daß die alten Landoberflächen nicht an das Kalkgestein gebunden sind, liefert die Feststellung ähnlicher Formen in dem Urgestein der Zentralalpen. Nur fehlen hier natürlich jene durch die Löslichkeit des Kalkes hervorgerufenen Dolinen und andere Karsterscheinungen. Auch sind die Talhänge nicht so steil und die Abstürze nicht so schroff wie im Kalkgebirge. Die Seetaler Alpen bilden einen solchen Block aus kristallinen Gesteinen, der von Osten her langsam ansteigt und nach Westen in einer Verwerfung abbricht.

In den Südalpen läßt sich die alte Landoberfläche auf den Höhen der Brentagruppe und des Adamello erkennen.

In den Gebirgsgruppen der Hohen und der Niederen Tauern ist die alte Hochfläche dadurch verschwunden, daß sie von den Seiten her durch Kare angefröhen wurde, die den Plateauarakter vernichtet und schließlich auch die trennenden Kämme zwischen den einzelnen Felsnischen abgetragen haben, so daß nur ein scharfer Grat übrig geblieben ist.

Das Hauptergebnis der Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß die in Frage kommenden Berge als Gebirge nicht durch Faltung, sondern durch Hebung entstanden sind. Dies gilt jedoch nur für das ostalpine Faltenland. In der Schweiz, wo die Faltung jünger ist als dort, sind die Probleme anders geartet.

In der Fachsitzung am 22. Januar 1923 hielt Dr. **Ernst Nowack** (Wien) einen Vortrag mit Lichtbildern über seine **Reisen im südlichen Albanien**, die er im Auftrage der albanischen Regierung zwecks geologischer Untersuchung des Staatsgebietes unternommen hatte. Der jetzt wieder vollkommen selbständige Albanische

Staat, dessen Hauptstadt Tirana östlich von Durazzo etwa 30 km landeinwärts gelegen ist, zerfällt in die acht Präfekturen Skutari, Drin, Durazzo, Elbasan, Berat, Valona, Argyrokastron (Ergeri) und Korça (Korica). Man ist gegenwärtig bemüht, die arg darniederliegenden Verkehrsverhältnisse des Landes emporzubringen und Fachschulen einzurichten. Das Projekt einer nationalen Universität in Valona wird von amerikanischer Seite sehr gefördert.

Eine kartographische Aufnahme des Landes ist erst während des Krieges durch die fremden Besatzungstruppen erfolgt. Insbesondere haben die österreichischen Kriegsvermessungsabteilungen fast den ganzen nördlichen und mittleren Teil Albaniens im Maßstabe 1 : 50 000 kartiert, während die Italiener für Teile des Südens eine weniger zuverlässige Karte im gleichen Maßstabe geliefert haben. Die Verkehrsverhältnisse sind im Süden, namentlich im Bezirk von Valona, besser als im Norden. Sogar einige große Automobilstraßen mit ständigem Autoverkehr sind vorhanden, doch bleibt noch immer das Reit- und Tragtier das Hauptverkehrsmittel.

Der Seeverkehr mit dem Ausland hat bisher gänzlich in den Händen der italienischen Schifffahrt gelegen. Einmal wöchentlich läuft ein von Triest kommender Küstendampfer des Lloyd Triestino die albanischen Häfen Medua, Durazzo, Valona und Santi Quaranta an. Doch soll die Auslandspost, die bisher mit italienischen Schiffen über Brindisi bzw. Bari ging, jetzt den Landweg über Jugoslawien nehmen.

Der Vortragende bereiste vorzugsweise das Hinterland von Valona und das Küstengebiet von Chimara nördlich der Insel Kerkyra. Der Bezirk von Valona ist der reichste Albaniens. Ausgedehnte Olivenwälder erfreuen sich guter Pflege, und der Weinbau ist ziemlich verbreitet. Im Osten erstreckt sich niedriges Tertiärbergland bis an den Viosafuß, im Südosten und Süden dagegen erheben sich Kalkketten mesozoischen Alters von großer landschaftlicher Schönheit zu Höhen über 2000 m. Oberhalb 1000 m sind sie mit prächtigen Wäldern (teils Nadelwald, teils Eichen) bedeckt. Die Waldregion reicht bis über 2000 m empor, die immergrünen Buschwaldformen (Ilex, Arbutus, Uredo, Erica arborea usw.) gehen bis 800 und 1000 m. In den Talgründen finden sich herrliche alte Platanenhaine im völligen Urzustand.

Ein ganz anderes Landschaftsbild bietet die „Albanische Riviera“ bei Chimara, eine vielgestaltige, buchtenreiche Felsenküste mit kahlen Gebirgen im Hintergrunde, während die Küste selbst stellenweise in prachtvoller südländischer Vegetation prangt. Olive, Zitrone, Orange, Feige, Wein und Weizen wird angebaut. Die Bevölkerung ist hier fast durchweg griechisch.

Eine weitere Reise galt dem Flußgebiete des Semeni, der nördlich des Viosafusses in das Meer mündet. Die etwa 50 km landeinwärts gelegene Stadt Berat ist landschaftlich wohl die schönste Albaniens. Im Osten erhebt sich das Tomorgebirge, ein antiklinaler Kern von Kreide-Eozänkalk, dessen massige Formen in wirkungsvollem Gegensatz zu dem weichen feingegliederten Flysch stehen, aus dem sich der Kalk erhebt. Der intensiven diluvialen Vergletscherung verdankt die Ost- und Nordseite des Gebirges ihre echten Hochgebirgsformen. Im Osten ragt aus dem Flyschlande wie eine Säge der schmale, scharf gezackte Kamm des Ostravicegebirges, der aus einem steil aufgefalteten Paket von Plattenkalken, wahrscheinlich eozänen Alters, besteht. Auch hier finden sich deutliche Gla-

zialspuren, besonders auf der Ostseite, wo auch zwei kleine Karsseen liegen.

Etwa 120 km von der Viosamündung landeinwärts liegt die Stadt Korça (Korica) in einer Ebene, welche die südliche Fortsetzung des großen Grabeneinbruchs darstellt, dessen tiefste Stellen von dem Ochrida- und dem Malisko- (Malik-) See eingenommen werden. Der östliche, von einem kahlen Serpentinrücken gebildete geradlinige Bruchrand der Grabenversenkung ist sehr scharf ausgeprägt. Die Ebene von Korça ist trocken, baumlos und nicht sehr fruchtbar. Trotzdem dient sie fast ausschließlich dem Getreidebau und der Viehzucht. Mehr als in anderen albanischen Städten macht sich in Korça abendländischer Einfluß bemerkbar, der namentlich in der hohen Wohnungskultur der Einwohner hervortritt. Würden hier günstige Verkehrsmittel geschaffen, so könnte sich die Stadt zu einem albanischen Industriezentrum entwickeln. Raum ist genügend vorhanden und auch Bodenschätze, wie Schwefelkies, Kupferkies, Magnetit, Asbest, Kohle und Erdöl kommen in der näheren und weiteren Umgebung vor.

In der Sitzung am 3. Februar 1923 hielt Geheimrat A. Penck einen Vortrag mit Lichtbildern über Finnland, das er im Sommer 1922 zwei Monate lang bereist hat. Felsen, Wasser und Wald beherrschen überall das Landschaftsbild. Die überall glatt abgeschlossene Horizontallinie deutet schon darauf hin, daß wir es mit einer alten Abtragungsfläche zu tun haben. Der nackte und kahle Felsboden ist durch die Gletscherbedeckung der Eiszeit abgeschliffen worden, wie sich an den Rundhöckerformen erkennen läßt, die eine flache Stoßseite und eine steile Leeseite zeigen. Auch Gletscherschrammen bezeugen die Bewegungsrichtung des Eises von NW nach SO. Am Schluß der Eiszeit schmolz das Eis im Meere ab, und erst danach hob sich das Land aus den Fluten. Diese Hebung dauert noch heute an. Man hat sie bei Hangö an der Südwestspitze des Landes seit 1754 gemessen und zu 40 cm im Jahrhundert feststellen können. Pegelbeobachtungen bei Uleåborg, am nördlichsten Teil der Ostseeküste, ergaben sogar 1 m in 100 Jahren. Im ganzen hob sich seit der Eisschmelze der nördliche Teil um 125, der südliche um 275 m, so daß eine Schrägstellung des Felsgerüsts die Folge war. Durch das Aufsteigen des Landes wird jene Senkung wieder ausgeglichen, die das Land infolge der Belastung mit Eis während der Eiszeit erfuhr. Um 1500 bis 2000 m wurde die Erdkruste damals hier herabgedrückt. Das Ende der finnländischen Vereisung dürfte vor 9000 bis 10 000 Jahren erfolgt sein. Noch heute findet man im Innern des Landes Strandgerölle, Strandwälle und andere Brandungswirkungen als Spuren der früheren Meeresbedeckung. Der größte Teil der Ostseeküste ist mit einer zahllosen Menge kleiner Felseninseln, dem Schärenhof, umgürtet; nur im äußersten Norden, wo das Wasser des Bottnischen Meerbusens seinen Salzgehalt durch die ausströmende Tätigkeit der Flüsse fast ganz verloren hat, zeigen sich sandige und tonige Strecken gehobenen Meeresbodens sowie Wanderdünen.

Die alte, vor der Eiszeit entstandene Abtragungsfläche ist nicht einheitlich, sondern weist mehrere Rumpfflächen auf, die etagenförmig nebeneinander liegen.

Wohl kein anderes Land der Erde weist einen derartigen Reichtum an Seen auf, wie Finnland. Ihre Zahl beträgt etwa 35 500, und in manchen Bezirken wird ein Fünftel der Fläche von Seen eingenommen. Das eigentliche Seenplateau liegt in der Mitte des Landes und reicht südwärts und ostwärts bis an den Doppelbogen des Salpau-Selkä, der sich als Rückzugs-

moräne des großen nordischen Eises an jener Linie bildete, wo dessen Südrand etwa 200 Jahre lang stationär war. Der Salpau-Selkä dümmt als zusammenhängender, viele hundert Kilometer langer Wall die alten Täler des Landes ab, so daß sie in ihrem Wasser ertranken und jetzt Seen darstellen. In nordwest-südöstlicher Richtung verlaufen jene aus Kies und Gerällen bestehenden, langgestreckten Rücken der sogenannten Oser, die ebenfalls vielfach Seen abdämmen. Als seenbildende Faktoren treten also in Finnland drei Vorgänge auf, das Ausschleifen durch das Eis der Glazialperiode, die Schrägstellung der Felsplatte durch die ungleichmäßige Hebung und schließlich die Abdämmung.

Die Flüsse weisen kein einheitliches Gefälle auf, sondern haben ein treppenförmiges Längsprofil. Eigentliche Wasserrfälle sind jedoch selten; vielmehr kommt es meist nur zur Ausbildung von Stromschnellen, zu denen auch der berühmte Imatrafall gerechnet werden muß. Er ist in der Weise entstanden, daß der alte Lauf des Vuoksenflusses von marinen Ablagerungen verschüttet wurde, worauf der Fluß sich 150 m neben dem alten Bett in den Felsen einschneift. In ähnlicher Weise ist der 16 m hohe Wasserfall bei Tammerfors dadurch zustande gekommen, daß der Fluß sein altes Bett nicht wiedergefunden hat. Der Ausnutzung der Kraft des Falles für industrielle Anlagen verdankt die Stadt Tammerfors ihre Existenz.

In Lappland setzt sich der Wald aus Fichten, Kiefern und Birken zusammen; der Boden ist vielfach mit Renttiermoos bedeckt, weshalb hier die Hauptweidegründe der Renttierherden sind. Mit dem Wald mischt sich der Sumpf, der 30 % des Landes, namentlich im Norden, bedeckt, während die Seen nur 10 % einnehmen.

Auf finnischem Boden leben etwa 1500 Lappen, deren Lebensweise der Tundra angepaßt ist, während die Finnen den Wald bewohnen. Dieser wird erst durch Abbrennen geschwendet, dann wird Hafer gesät, Vieh geweidet, schließlich wächst die Birke wieder, und nach 25 Jahren schwendet man von neuem. Landstraßen erstrecken sich nordwärts bis an den Enaresee. Die Bevölkerungsdichte in Lappland ist sehr gering. Der Bezirk Sodankylä hat 6500 Einwohner auf 19 000 qkm Fläche. Das dritte Element der Bevölkerung Finnlands sind die Schweden, die vorzugsweise an der Küste wohnen. Die Anlage des finnischen Gehöftes stimmt mit der des schwedischen überein. Die Holzhäuser sind rot angestrichen. Nur im äußersten Osten, wo der russische Einfluß sich auch sonst bemerkbar macht, hat das Bauernhaus die russische Form. Der Unterschied zwischen Lutheranern und Orthodoxen macht sich in vielen Kleinigkeiten, z. B. Stiefelform, Aufhängen der Kinderwiegen, Genuß von Kaffee oder Tee usw., bemerkbar.

Das Kulturland wird naturgemäß nach Norden hin seltener, doch findet man noch unter dem Polarkreis Getreidefelder, die um Mitte August abgeerntet werden. Seinen Wohlstand verdankt das Land dem Holzreichtum. Sägewerke und Fabriken von Papier und Zellulose sind weit verbreitet. An allen Wasserfällen bzw. Stromschnellen entwickeln sich Industriezentren. Der Export von Holz, der durch flößbare Wasserwege erleichtert wird, spielt eine große Rolle. Kleine Seedampfer fahren von Lübeck bis zu dem mitten im Lande gelegenen Kuopio. Die Lokomotiven verfeuern Birkenholz.

Bis 1809 war das Land schwedisch mit Abo als Hauptstadt. Die rechtwinklige Straßenanlage verleiht allen finnischen Städten ein modernes Gepräge.

Tammerfors gilt als das finnische Manchester. Helsingfors, die jetzige Hauptstadt, liegt nicht an der Mündung eines schiffbaren Flusses und ist daher nicht in dem Sinne Exporthafen wie Wiborg.

Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zerfällt das Land in zwei Teile, den unproduktiven Norden und das wirtschaftlich tätige Dreieck, das von den Küsten des Bottnischen und des Finnischen Meerbusens sowie der Linie gebildet wird, die vom Nordende des Bottnischen Meerbusens zum Ladogosee führt.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

Zur Sitzung am 19. Februar 1923 hatte sich der Berliner Zweigverein mit der Gesellschaft für Erdkunde vereinigt. Den Vortrag des Abends hielt Herr Dr. h. c. F. Schmid aus Oberhelfenswil (Schweiz, Kt. St. Gallen) über das Thema: **Neue Beiträge zur Zodiakallichtforschung.**

Daß es bisher noch nicht gelang, eine befriedigende Erklärung des Zodiakallichtes und seiner Begleiterscheinungen, des Gegenscheins und der Lichtbrücke, zu geben, liegt nach Ansicht des Vortragenden darin begründet, daß unsere Observatorien und Sternwarten meist in großen Städten oder in deren Nähe liegen und daher in der Beobachtung dieser zwar gewaltigen, aber doch recht lichtschwachen Erscheinungen durch störende künstliche Lichtquellen stark behindert sind. Schmid verfügt dagegen über eine lange Reihe systematisch angestellter Beobachtungen, die sich über mehr als drei Jahrzehnte erstrecken und in seinem Beobachtungsorte in der Landschaft Toggenburg in störungsfreier Umgebung angestellt worden sind.

Gegenüber den Tropen, wo bekanntlich das Zodiakallicht am stärksten ausgebildet ist, ist es bei uns nur für das geübtere Auge zu sehen, doch wird seine Sichtbarkeit im allgemeinen unterschätzt. Die Sichtbarkeitsdauer im Laufe des Jahres ist folgende: Das Westlicht beginnt Ende September sichtbar zu werden, erreicht sein Maximum im Januar und Februar und klingt in der zweiten Hälfte des Mai aus. Das Ostlicht ist schon in der zweiten Hälfte Juli zu sehen, erscheint am ausgeprägtesten im November und Dezember und verschwindet im März. So ist nur der Juni frei vom Zodiakallicht, aber auch dann hat das Dämmerungssegment am Nordhimmel noch eine starke Verschiebung gegen Westen, zeigt also eine gewisse Verwandtschaft mit dem Zodiakallicht.

Ein Parallelismus der Erscheinung zu den Sonnenflecken ließ sich nicht nachweisen, vielmehr kehrt sie bei guten Beobachtungsbedingungen in voller Ausbildung ganz regelmäßig wieder. Mit dem Nordlicht würde sie vielfach gleichzeitig gesehen, dabei war sie durch die allgemeinere größere Nachthelligkeit nur etwas abgeschwächt. Birkelands Auffassung als Zirkularscheibe elektrischer Strahlenatome um die Sonne kann der Vortragende nicht gelten lassen. Neuere spektroskopische Beobachtungen haben keine hellen Linien im kontinuierlichen Spektrum gezeigt, sondern nur zwei Absorptionstreifen. Das Medium des Zodiakallichtes ist also nicht selbstleuchtend, sondern reflektiert Sonnenlicht.

Es erhebt sich die Frage: Gehört diese Masse zur Erde oder gehört sie, was Seeliger annimmt, als eine mächtige, linsen- oder scheibenförmige Staubwolke zur Sonne?

Aus der großen perspektivischen Veränderung der Stellung der Lichtachse, die in den Tropen ungefähr in die Mitte, im Beobachtungsort des Vortragenden aber von Süden aus gerechnet etwa in das erste Drittel

der Pyramide fällt, ist auf eine geringe Entfernung zu schließen. Der Ansicht eines Ringes widerspricht, daß die größte Massenverteilung über dem Horizont ist; die Intensität wächst zum Horizont zu. Dies läßt auf die Linsengestalt schließen, deren Äquator die Lichtachse bildet. Da die Schwankung im Intensitätsabfall von dem Depressionswinkel der Sonne abhängig ist, muß die reflektierende Masse um die Erde gelagert sein. Aus der Lage der Sternbilder sieht man, daß das Zodiakallicht die scheinbare Jahresbewegung des Fixsternhimmels nicht mitmacht. Eine Berechnung der Entfernung des Zodiakallichts aus der Größe dieser Verschiebung ist nicht möglich, da mit Zunahme der Nachtdunkelheit anfangs optisch unwirksame Randteile später sichtbar werden und eine allgemeine Erweiterung der Pyramide vortäuschen. Die von verschiedenen Breiten aus beobachteten Lagenveränderungen der Hauptmasse erklärt *Schmid* in einfacher Weise dadurch, daß für einen Beobachter auf der Südseite der Ekliptik nördlich gelegene Teile der Zodiakallichtlinie durch den weiteren Weg in der Schattenkegelluft erlöschen, während die südlich gelegenen Teile infolge des kürzeren Weges zum Beobachter optisch wirksam werden. Auf der Nordseite der Ekliptik ist das Umgekehrte der Fall. In unseren Breiten werden deshalb Nordabweichungen beobachtet, die besonders beim Lichtschwachen Ostlicht stark sind. Die wahre Lage der Zodiakallichtebene anzugeben, wagt der Vortragende nicht. Parallaxenversuche müssen zu falschen Schlüssen führen, da der nördlich oder südlich von der Ekliptik stehende Beobachter garnicht die wirkliche Lichtspitze sieht. Daß nach den Wolfschen Beobachtungen die Lichtebene in der Ebene des Sonnenäquators liegen soll, dürfte nur für Februar und März gelten, während in den anderen Jahreszeiten sicher beträchtliche Abweichungen hiervon festzustellen sind.

Besonders ist der Gegensein z. T. stark auf die Nordseite der Ekliptik gerückt. Die sich bisher über seine Entstehung noch sehr widersprechenden Ansichten lassen sich in Einklang bringen, wenn man zwei Arten des Gegenseins annimmt. Die erste Art bildet sich nach *Humboldts* Ansicht als Widerschein des Zodiakallichts, von dem sich bis zum reflektiv entstandenen Gegensein über den ganzen Himmel eine helle Zone ziehen kann, die dann als Lichtbrücke anzusehen ist. Die zweite Art ist als verstärkte Nachtdämmerung aufzufassen, die in der Gegend der Ekliptik ihr Maximum finden muß.

Schließlich tritt als dritte Form noch das Mondzodiakallicht hinzu, das auf gleiche Weise entsteht wie das Sonnenzodiakallicht. Vom reflektiven Gegensein unterscheidet sich das Mondzodiakallicht durch die größere Stärke, die bedeutendere Nordabweichung und endlich dadurch, daß es anwächst, während das Westlicht kleiner wird, im Gegensatz zum reflektiven Gegensein, der mit dem Westlicht ebenfalls kleiner wird. In den vereinzelt Fällen, in denen die Spitze des Mondzodiakallichts das Westlicht zu berühren schien, war auf diese Weise die Bedingung zur Bildung der Lichtbrücke gegeben. Mit der kosmischen Auffassung läßt sich die Möglichkeit des Mondzodiakallichts nicht vereinigen.

Die „Spalten“ im Zodiakallicht, die *Maunder* in Indien beobachtete und den „Schattenstrahl“, den *Gruson* beschrieben hat, werden als Wolkenschlagschatten aufgefaßt. Die Schattenstrahlen nach *Pechuël-Loesche* und *Möller*, die nach Eintritt voller Dunkelheit zu zweien oder dreien fächerartig stets auf der

Südseite des Zodiakallichts erscheinen, werden als ein Nachleuchten unter dem Horizont liegender, in die Abendglut versetzter Wolken angesehen.

Den endgültigen Beweis für die terrestrische Natur des Zodiakallichts erblickt der Vortragende neben den bereits mitgeteilten Argumenten in den engen Beziehungen, die zwischen dem Zodiakallicht und dem gesamten Dämmerungsverlauf des Jahres bestehen. Beim „klaren Fleck“, der bei 3° Sonnendepression in Purpurlicht übergeht, sind Asymmetrien festgestellt, die von der Neigung des Ekliptikastes abhängig sind. Liegt die Ekliptik in den Sommermonaten möglichst flach über dem Horizont, so steht das Purpurlicht ziemlich symmetrisch über dem Sonnenort. Bei größerer Steilheit der Ekliptik verschiebt sich dagegen das Purpurlicht oft recht fühlbar gegen Süden und verrät Anlagen zur zodiakallichtähnlichen Gestalt. Gleiche Südverschiebungen lassen sich auch beim zweiten Dämmerungssegment (Sonnentiefe etwa 13°) feststellen. Sein Maximum wandert soweit südwärts bis zu jenem Punkt, wo mit Schluß der astronomischen Dämmerung die Zodiakallichtachse erscheint. Bei der Morgendämmerung taucht der erste Dämmerungsbogen in einer Südabweichung von der Sonne auf, die mehr als 20° erreichen kann. Später wächst der Bogen mehr nach Norden als gegen Süden und stellt sich so allmählich in den Sonnenvertikal ein.

Betrachtet man nach diesen Dämmerungserscheinungen die Erscheinungen am Nachthimmel, so bemerkt man, daß vom März zum April sich die Westpyramide mit einem gewaltigen, sekundären Mantel umgibt, der eine Gesamtbasisbreite von rund 100° erreicht. Aus ihm entwickelt sich im Laufe des Frühlings der gleichschenklige sommerliche Nachtschein, als das letzte Dämmerungssegment der nordischen Nachtsonne. Die schon erwähnte Zodiakallichtnatur des Nachtscheins im Monat Juni äußert sich in einer starken Südverschiebung vom Sonnenazimut in der Richtung des aufsteigenden Ekliptikastes. Im August sind die Übergangsformen vom gleichmäßigen Nachtschein zum Zodiakallicht besonders deutlich. Im September und Oktober wurde der Nachtschein ununterbrochen bis zu einer Sonnendepression von 20 bis 30° verfolgt.

Aus all diesen Tatsachen ist zu folgern, daß das Zodiakallicht kein kosmisches Gebilde, sondern ein rein tellurisch-optisches Phänomen unserer Erdatmosphäre ist. Sein Sitz ist der sonnenbeleuchtete Teil unserer stark abgeplatteten Atmosphärenhülle, die für uns über der Horizontebene liegt. Zodiakallicht, Gegensein und Lichtbrücke gehören demnach nicht in das Gebiet der Astronomie, sondern in den Bereich der Meteorologie.

Zum Schluß wurde die Frage angeschnitten: Warum liegt das Zodiakallicht nicht in der Schwingebene der Erde? Verschiedene Möglichkeiten werden angeführt: Die Rotationsverhältnisse in den höheren Schichten entsprechen wahrscheinlich nicht denen der Erde. Vielleicht ist auch die Gleichgewichtsebene des Erdkörpers durch die Lage der Kontinente und Meere in der Nähe der Ekliptikebene zu suchen. Möglich ist auch, daß die Zodiakallichtebene die Ursprungsebene unserer Erde ist, so daß sich die höchsten Atmosphärenschichten an den Polschwankungen der Erde nicht mehr beteiligt haben. Nach Ansicht des Vortragenden muß es der Geophysik und der kosmischen Physik überlassen bleiben, die wahren Ursachen der Verlagerung des atmosphärischen Äquators gegen die Ekliptikebene endgültig festzustellen.

Knoch.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 14. (Seite 261—276.)

6. April 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Das Häemocyanin. Von *G. Quagliariello, Neapel*. S. 261.

Vegetationsstudien in den Wäldern Ostpreußens. Von *Fr. Markgraf, Berlin*. S. 268.

Besprechungen:

Richardson, Lewis F., Weather Prediction by Numerical Process. Von *F. M. Exner, Wien*. S. 274.

Freundlich, Herbert, Kapillarchemie. Eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete. 2. Auflage. Von *Alfred Coehn, Göttingen*. S. 275.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Pflanzenalkaloide. Von Dr. Richard Wolffenstein, a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. (VIII, 506 S.) 1922. Gebunden G. Z. 18.

Beispiele zur mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenkrankheiten.

Von Geh. Reg.-Rat Dr. Otto Appel, Direktor der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Hon.-Professor an der landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 63 Textabbildungen. (IV, 54 S.) 1922. G. Z. 1,8.

Arzneipflanzenkultur und Kräuterhandel.

Rationelle Züchtung, Behandlung und Verwertung der in Deutschland zu ziehenden Arznei- und Gewürzpflanzen. Eine Anleitung für Apotheker, Landwirte und Gärtner. Von Th. Meyer, Apotheker in Colditz. Vierte verbesserte Auflage. Mit 23 Textabbildungen. (IV, 190 S.) 1922.

Gebunden G. Z. 4.

Die Grundzahlen (G.Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für April 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten (für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer).

Voigt & Hochgesang Göttingen

**Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.**

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Aeltere Jahrgänge der

Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 293 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

In der Biologischen Reichsanstalt für Forst- und Landwirtschaft werden in diesem Jahre in dem Laboratorium für Erforschung und Bekämpfung der Bienenkrankheiten zwei Lehrgänge über die Bienenkrankheiten abgehalten werden. Für den Besuch der Kurse wird zur Deckung eines Teiles der Unkosten eine Gebühr von 2000 Mk. erhoben. Die Lehrgänge werden mit praktischen Übungen im Laboratorium und Demonstrationen auf dem Versuchsienenstand der Biologischen Reichsanstalt verbunden sein.

**Der erste Kursus findet vom 4. bis 9. Juni,
der zweite Kursus findet vom 30. Juli bis 4. August statt.**

Die Biologische Reichsanstalt stellt den Teilnehmern Mikroskope nicht zur Verfügung; die Firmen Zeiss und Leitz haben sich jedoch bereit erklärt, geeignete Mikroskope mit Öl-Immersion gegen eine Leihgebühr von 300 Mk. durch Vermittlung der Biologischen Reichsanstalt an die Kursusteilnehmer abzugeben. Alle anderen Apparate, Instrumente, Glasgefäße, Nährböden und Chemikalien liefert die Biologische Reichsanstalt unentgeltlich.

Anmeldungen sind möglichst frühzeitig an das Büro der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Straße 17/19 zu richten.

Berlin-Dahlem, im März 1923.

Der Direktor

der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft.

Das Hämocyanin¹⁾.

Von G. Quagliariello, Neapel.

Inhaltsverzeichnis: 1. Historische Notizen. 2. Allgemeines und Verbreitung. 3. Darstellung. 4. Chemische Konstitution. 5. Chemische und physikalische Eigenschaften. 6. Verbindungen mit Gasen. 7. Spezifische Sauerstoffkapazität. 8. Dissoziation des Oxyhämocyanins. 9. Antigene Eigenschaften und Giftigkeit. 10. Einheitlichkeit des Hämocyanins. 11. Biologische Bedeutung²⁾.

1. *Historische Notizen.* Die Beobachtung der blauen Farbe des Blutes einiger Tiere ist sehr alt. Schon im 18. Jahrhundert schrieb *Swammerdam* (*Biblia naturae*): Le sang du colimaçon (Schnecke) est d'un blanc bleuâtre très différent de celui de l'homme et des grandes animaux qui est rouge foncé.

Diese Beobachtung gab jedoch keinen Anlaß zu irgend einer Nachforschung bis zum Jahr 1874, in dem *Harless* die interessante, wenn auch nicht vollständig genaue Beobachtung über den Einfluß machte, den Sauerstoff und Kohlensäure auf die Stärke der Blaufärbung des Blutes von *Helix pomatia* und *Eledone* ausüben, und außerdem die Anwesenheit von Kupfer in dem blauen Blut dieser Tiere entdeckte.

Wesentlich später machte *Bert* 1867 bei seinem Studium der Physiologie der *Sepia* die Beobachtung, daß das jenem Tier entnommene und der Luft ausgesetzte Blut von beinahe farblos nach schön sattblau umschlägt, und brachte diesen Farbwechsel mit der Atmungsfunktion in Zusammenhang.

Die ersten wichtigen und grundlegenden Untersuchungen jedoch über diesen Gegenstand sind zweifelsohne die von *Fredericq* über das Blut von *Octopus vulgaris* angestellten. Sein Verdienst ist es in der Tat, gezeigt zu haben, daß die blaue Farbe des Blutes dieser Mollusken von einem besonderen in ihm vorhandenen Chromo-

protein herrührt, das in seinem Molekül Kupfer enthält und dem er den Namen Hämocyanin gab (von *aiua*-Blut und *χρῶς*-Blau). *Fredericq* erkannte ferner die Fähigkeit des Hämocyanins, mit Sauerstoff eine leicht dissoziierende Verbindung zu bilden, und stellte zuerst die Ähnlichkeit fest zwischen Hämoglobin und seiner Sauerstoffverbindung, dem Oxyhämoglobin einerseits, und dem Hämocyanin sowie seiner Sauerstoffverbindung, dem Oxyhämocyanin, anderseits.

2. *Allgemeines und Verbreitung.* Das Hämocyanin ist ein Eiweißkörper, charakterisiert durch die Tatsache, daß er Kupfer in seinem Molekül enthält, und daß er eine blaue Farbe in Gegenwart atmosphärischen Sauerstoffs annimmt, während er bei Sauerstoffabwesenheit farblos (opaleszierend) ist.

Es findet sich ausschließlich im Blut, und hauptsächlich im Plasma gelöst und nicht in Blutkörperchen konzentriert, nur bei zwei Klassen von Wirbellosen: Bei Mollusken und bei Arthropoden. Bei den Mollusken findet sich das Hämocyanin bei vielen Lamellibranchiern, vielen Gastropoden und allen Cephalopoden. Es fehlt bei den Amphineuren. Bei den Arthropoden findet sich das Hämocyanin lediglich im Blut höherer Crustaceen und bei *Limulus polyphemus*, der im Atlantischen Ozean lebt und als überlebender Vertreter der Klasse der Xiphosuren betrachtet wird. Nach der Beobachtung von *Ray-Lankester* findet sich das Hämocyanin auch bei einigen Arten von Skorpionen, die zur Klasse der Arachnoideen gehören.

Im Plasma der Cephalopoden (und vielleicht aller Mollusken mit Hämocyaninblut) findet sich außer dem Hämocyanin kein anderer Eiweißkörper gelöst; im Plasma der Arthropoden jedoch, das wie das Blut der höheren Tiere die Fähigkeit zu gerinnen hat, ist mindestens noch ein anderes Protein, und zwar das Fibrinogen, gelöst.

3. *Darstellung des Hämocyanins.* Das Hämocyanin kann aus dem Blut der Cephalopoden ganz rein durch einfache Dialyse erhalten werden. Da aber das Hämocyanin des Molluskenblutes im allgemeinen mit größter Leichtigkeit kristallisiert, so ist dies das geeignetste Mittel, reinstes Hämocyanin zu erhalten.

Die Methoden, Hämocyanin zur Kristallisation zu bringen, sind verschiedener Art. Mit der Originalmethode von *Hofmeister* und der modifizierten von *Pinkus* ist das Hämocyanin von *Octopus vulgaris* und *macropus*, von *Sepia* und von *Eledone moschata* kristallisiert erhalten worden, und zwar nicht nur aus dem ganz frischen Blut lebender, sondern auch aus dem aufgesam-

¹⁾ Die Schriftleitung verdankt die Übersetzung aus dem Original Herrn Privatdozenten Dr. Fritz Laquer, Frankfurt a. M.

²⁾ Als Literaturquelle über das Gebiet kann man die folgenden Werke heranziehen: *E. T. Reichert* und *A. P. Browne*: The differentiation and specificity of corresponding proteins and other vital substances in relation to biological classification and organic evolution. Washington 1909. — *Ch. Dhéré*, Recherches sur l'hémocyanine. Mémoires I—VII. Journal de Physiologie et de Pathologie générale. T. 16—21, 1915 bis 1922. — *G. Quagliariello*, Wintersteins Handbuch der vergleichenden Physiologie Bd. I, Jena 1922, S. 603.

melten Blut toter Tiere, oder aus dem Monate hindurch mit Antiseptics aufbewahrtm Blut, oder aus gefaultem Blut (*Craifaleanu*). Aus dem Blut von *Helix pomatia* kristallisiert Hämocyanin spontan aus, wenn die Salze durch Dialyse entfernt sind.

Die Kristallisation des Hämocyanins aus Arthropodenblut gelingt indessen wesentlich schwerer; da anderseits die Anwesenheit anderer Eiweißkörper im Blut dieser Tiere die Anwendung anderer Mittel (Dialyse oder Salzfällung) nicht gestattet, um das Hämocyanin rein zu gewinnen. Bis heute ist daher nur das Hämocyanin von *Palinurus vulgaris* nach folgendem von *Dhéré* angegebenen Vorgehen kristallisiert erhalten worden. Das Blut wird dialysiert und dann der Einwirkung eines Potentialgefälles unterworfen: das Hämocyanin wandert zur Anode, wo es ausfällt. Der Niederschlag wird gesammelt und in einer kleinen Menge 1proz. Kochsalzlösung gelöst. Die sich selbst überlassene Lösung scheidet nach kurzer Zeit reichlich Kristalle von Hämocyanin aus.

Nicht nur das Hämocyanin verschiedener Tiere, sondern auch das desselben Tieres kristallisiert in verschiedenen Systemen, je nach den Methoden und Bedingungen der Kristallisation. Ohne von vornherein die Existenz verschiedener Hämocyanine zu leugnen, ist es doch wahrscheinlich, daß dieser Polymorphismus von dem verschiedenen Gehalt der Kristalle an Kristall- oder Quellungswasser abhängt (*Dhéré*).

Das Hämocyanin kristallisiert als Oxyhämocyanin, und die Kristalle sind deswegen blau gefärbt. Nur *Philippi* hat kürzlich aus dem Blut von *Helix* Kristalle reduzierten Hämocyanins erhalten.

4. Chemische Konstitution. I. Die von *Henze* am kristallisierten Hämocyanin aus Blut von *Octopus vulgaris* ausgeführte Elementaranalyse gab folgende Werte:

C	H	O	N	S	Cu
53,66	7,33	21,68	16,09	0,86	0,38

Entsprechende Ergebnisse wurden von *Griffiths* am Hämocyanin von *Sepia*, *Cancer* und *Homarus* erhalten. Etwas verschiedene Resultate jedoch gewannen *Alsberg* und *Clark* am Hämocyanin von *Limulus polyphemus*. Aber es besteht kein Zweifel darüber, daß die zuverlässigeren Ergebnisse die von *Henze* sind, da sie die einzigen sind, die mit kristallisiertem Hämocyanin erhalten sind.

Es ist nützlich, die elementare Zusammensetzung des Hämocyanins der des Hämoglobins, wie sie sich aus einer der vielen ausgeführten Analysen ergibt, gegenüberzustellen:

	C	H	O	N	S	Fe	Cu
Hämoglobin (aus Hundebhut)	54,57	7,11	21,36	17,38	0,568	0,336	—
Hämocyanin (aus Octopusblut)	53,66	7,33	21,68	16,09	0,86	—	0,38

Aus diesen Zahlen ergeben sich folgende em-

pirischen Formeln und die entsprechenden Molekulargewichte:

	C	H	O	N	S	Fe	Cu	Mol.-Gew.
Hämoglobin	758	1185	219	195	3	1	—	16667
Hämocyanin	745	1220	226	191	4	—	1	16642

II. Produkte der Säurehydrolyse des Hämocyanins wurden von *van Slyke* für das Hämocyanin von *Limulus p.* bestimmt. Die gewonnenen Werte sind in der folgenden Tabelle angegeben neben denen, die der gleiche Verfasser am Hämoglobin des Ochsen erhalten hat:

Tabelle 1.
Verteilung des Stickstoffs in Hämocyanin.

	Hämocyanin von <i>Limulus p.</i>	Hämoglobin des Rindes
Ammoniak-N	5,95	5,24
Melanin-N	1,65	3,6
Cystin-N	0,80	—
Arginin-N	15,73	7,7
Histidin-N	13,23	12,7
Lysin-N	8,49	10,9
Amino-N des Filtrats	51,30	57
Nicht-Amino-N des Filtrats. (Prolin, Oxyprolin, $\frac{1}{2}$ Tryptophan)	3,80	2,9

Die chemische Zusammensetzung der beiden Atmungs-Chromoproteine erscheint demnach sehr ähnlich. Beide unterscheiden sich von den gewöhnlichen Eiweißkörpern durch ihren hohen Gehalt an basischen Aminosäuren (Arginin, Lysin und Histidin), wodurch sie den Histonen ähneln.

Das Hämocyanin gibt außerdem die Xanthoproteinreaktion, sowie die Reaktionen von *Millon*, *Adamkiewicz* und *Molisch*. Demnach kommt in seinem Molekül Tyrosin, Tryptophan und wahrscheinlich eine Kohlehydratgruppe vor.

III. Das Kupfer im Hämocyanin. Daß das Kupfer ein normaler und konstanter Bestandteil des Hämocyanins ist, steht jetzt außer jeder Diskussion. In der folgenden Tabelle sind die von *Dhéré* erhaltenen Werte des Kupfergehalts des Hämocyaninblutes verschiedener Tiere angegeben. Die beachtenswerten Schwankungen, die sich zwischen einem Tier und dem anderen beobachten lassen, hängen vor allem, wenn vielleicht auch nicht ausschließlich, von dem unterschiedlichen Hämocyaningehalt der verschiedenen Blutarten

Tabelle 2.
Kupfergehalt, angegeben in mg in 100 cem Blut.

Mollusken	{	<i>Octopus vulgaris</i>	23,5
	{	<i>Sepia officinalis</i>	23,7
	{	<i>Helix pomatia</i>	7
Arthropoden	{	<i>Astacus fluviatilis</i>	7
	{	<i>Palinurus vulgaris</i>	9,5
	{	<i>Homarus vulgaris</i>	10,0
	{	<i>Cancer pagurus</i>	6
	{	<i>Carcinus maenas</i>	9
	{	<i>Maja squinado</i>	3,5
		<i>Squilla mantis</i>	6,1

ab. So enthält zum Beispiel das Blut von *Octopus* zirka 9 % Häemocyanin, während das von *Maja* im Mittel nur 1 % enthält.

Viel interessanter wäre, den Kupfergehalt reinen Häemocyanins zu kennen. Aber hierfür haben wir nur folgende Angaben:

Häemocyanin aus Octopusblut

enthielt Cu 0,38 % nach Henze

„ aus Sepiablut

enthielt Cu 0,34 % nach Griffiths

„ aus Cancerblut

enthielt Cu 0,32 % nach Griffiths

„ aus Homarusblut

enthielt Cu 0,34 % nach Griffiths

„ aus Limulus p.-Blut

enthielt Cu 0,28 % nach Alsberg und Clark

Die Übereinstimmung zwischen dem Häemocyanin der Mollusken (*Octopus* und *Sepia*) und dem der Crustaceen (*Cancer* und *Homarus*) ist befriedigend, während sie es für *Limulus* sehr viel weniger ist. Aber wie wir noch sehen werden, scheint das Häemocyanin dieses Arthropoden auch noch in einigen anderen Eigenschaften von dem anderer Tiere verschieden zu sein.

Viel interessanter ist die Frage nach dem Zustand des Kupfers im Häemocyaninmolekül. Für einige ist das Häemocyanin, wie das Hämoglobin, ein zusammengesetzter Eiweißkörper, entstanden aus der Vereinigung eines Proteinkerns mit einer prosthetischen kupferhaltigen Gruppe. Aber alle Versuche, die gemacht wurden, um diese beiden Konstituenten zu trennen, waren vergeblich. Nur kürzlich ist es Philippi, der das Blut von *Helix pomatia* mit Ätzkali behandelte, geglückt, eine braune Fällung zu erhalten, die neben einem Kupfergehalt von 7 % auch intensive Pyrrol- (Fichtenspan-) Reaktion gab. Demnach scheint auch im Häemocyanin, wie im Hämoglobin und Chlorophyll, das Metall an einen oder mehrere Pyrrolringe gebunden zu sein. Ein weiteres Argument zugunsten dieser Auffassung läßt sich aus den spektroskopischen Eigenschaften des Häemocyanins entnehmen. (Siehe später.)

Für andere hingegen ist das Häemocyanin nichts anderes als ein Kupferalbuminat. Die Verfechter dieses Standpunktes stützen sich vor allem auf die Leichtigkeit, mit der das Kupfer im Häemocyanin sichtbar gemacht werden kann. Während in der Tat Häemocyaninblut oder eine reine Häemocyaninlösung die Kupferreaktionen (Ferrocyanid, Schwefelwasserstoff) nicht geben, genügt leichtes Ansäuern in der Kälte, auch mit verdünnter Essigsäure, daß die Reaktion positiv wird. Mit Alkalien kann man, ohne Kupfer hinzufügen zu müssen, die Biuretreaktion erhalten. Das Häemocyanin von *Limulus* soll einen Teil seines Kupfers schon durch einfache Dialyse verlieren. Aber das läßt sich mit dem Häemocyanin anderer Tiere sicher nicht ausführen. Denn weder in der Hitze noch bei der Alkoholfällung wird das Kupfer in Freiheit gesetzt.

Wenn alles dies auch zeigt, daß das Kupfer im Häemocyanin sich in einer viel labileren Form befindet als das Eisen im Hämoglobin, so gestattet es doch nicht, geradeswegs das Häemocyanin als ein Kupferprotein zu betrachten, das gleich einem beliebigen dissoziierbaren Kupfersalz, wenn auch nur in geringstem Grade, in Proteinanion und Kupferkation gespalten wäre. Gegen diese Art der Auffassung spricht auch die Tatsache, daß man Kupferionen auf keine Weise im Häemocyaninmolekül, ohne es vorher mit, wenn auch nur ganz verdünnten Säuren oder Alkalien behandelt zu haben, nachweisen kann. Auch nicht auf spektroskopischem oder spektrophotometrischem Wege gelingt es, Spuren von Kupferionen im Häemocyaninmolekül zu entdecken.

Daher muß sich das Kupfer im Häemocyanin entweder in einem komplexen Ion maskiert befinden, wie in vielen Verbindungen zwischen Kupfer und Aminosäuren, Polypeptiden usw., oder es bildet tatsächlich den Teil einer prosthetischen Gruppe.

5. Chemische und physikalische Eigenschaften.

I. Löslichkeit. Das Häemocyanin ist in Wasser in Abwesenheit von Elektrolyten unlöslich. Es genügt schon, das Blut von *Octopus* mit destilliertem Wasser zu verdünnen, damit das Häemocyanin allmählich teilweise ausfällt. Durch Dialyse ist es aber möglich, aus dem Blut der Cephalopoden und, wenn auch mit etwas größeren Schwierigkeiten, aus dem der Arthropoden, eine vollständige Fällung des Häemocyanins zu erzielen.

II. Koagulations- und Fällungsreaktionen. Das Häemocyanin fällt in der Wärme bei einer Temperatur von etwa 70 ° C aus. Alkohol, Sättigung mit Magnesiumsulfat und Halbsättigung mit Ammoniumsulfat bewirken vollständige Fällung. Sättigung mit Kochsalz und mit Natriumsulfat fällen es nur teilweise. Alle diese Mittel fällen das Häemocyanin, ohne es zu verändern. Nur das Häemocyanin von *Limulus* verliert nach Alsberg durch die Wärmeeinwirkung einen Teil seines Kupfers. Die Salze der Schwermetalle fällen das Häemocyanin, und dieser Niederschlag ist, mit Ausnahme des mit Bleiacetat erhaltenen, in einem Überschuß des Fällungsmittels unlöslich. Auch kolloidale Metalle schlagen das Häemocyanin nieder, ebenso ganz allgemein elektropositive Kolloide; die elektronegativen sind unwirksam (Bottazzi).

Verdünnte Alkalien hellen die immer etwas opaleszierende Häemocyaninlösung vollständig auf. Konzentrierte Alkalien rufen an Stelle dieser Wirkung in manchen Fällen eine mächtige Gelbildung hervor. Verdünnte Säuren, in Spuren zugesetzt, fällen das Häemocyanin, aber der Niederschlag löst sich sofort völlig durch einen leichten Säureüberschuß oder Neutralisierung. Das Minimum der Häemocyaninlöslichkeit entspricht einer Wasserstoffionenkonzentration von etwa 2×10^{-5} .

Konzentrierte Mineralsäuren fällen das Hämocyanin vollständig. Eisessig ist unwirksam. Alle gewöhnlichen Eiweißfällungsmittel fällen auch das Hämocyanin. (So Tannin, Pikrinsäure, Essigsäure, Ferrocyankalium, Trichloressigsäure, Phosphorwolframsäure, Asaprol usw.)

III. *Spektroskopische Eigenschaften.* Im sichtbaren Spektrum zeigt das Oxyhämocyanin einen scharfen und kräftigen Streifen im Gelb und den Beginn eines zweiten Streifens im Blau. Die Achse des gelben Streifens fällt beim Oxyhämocyanin der Mollusken mit $\lambda = 579 \mu\mu$, bei dem der Arthropoden mit $\lambda = 563 \mu\mu$ zusammen. Der Beginn des zweiten Streifens liegt für beide etwa bei $\lambda = 475 \mu\mu$.

Der Streifen im Gelb rührt mit großer Wahrscheinlichkeit vom Kupfer her, weil viele komplexe Kupfersalze (Kupferammoniak, Verbindungen des Kupfers mit Aminosäuren, Polypeptiden usw.) einen ähnlichen Streifen zeigen, wenn auch die Lage der Achse für jede Komponente charakteristisch ist. Der beginnende Streifen im Blau stellt den Ausgangspunkt des zweiten Streifens im Ultraviolett dar. Das reduzierte Hämocyanin zeigt im sichtbaren Spektrum keinen Absorptionsstreifen (*Dhéré, Quagliariello*).

Im Ultraviolett zeigt das Hämocyanin, woher es auch stammt, zwei Absorptionsstreifen. Der erste liegt bei $\lambda = 278 \mu\mu$, der zweite bei $\lambda = 346 \mu\mu$. Der erste ist allen Eiweißkörpern gemeinsam und scheint für aromatische Kerne (Tyrosin, Tryptophan usw.) charakteristisch zu sein. Der zweite hätte eine wesentlich größere Bedeutung. Er entspricht dem Streifen des Oxyhämoglobins, der für die organische Komponente der prosthetischen Gruppe als charakteristisch angesehen wird, weil ihn auch das Hämatoporphyrin besitzt. Man hätte daher in diesem Streifen den Beweis für die Existenz einer prosthetischen, der des Hämoglobins analogen Gruppe im Hämocyanin (*Dhéré*).

Zweifelsohne bildet dieser Streifen, sowie die Tatsache, daß man durch Alkaliwirkung aus Hämocyanin einen kupferhaltigen Anteil, der intensive Pyrrolreaktion gibt, erhalten kann, die stärksten Beweisgründe zugunsten der Existenz einer prosthetischen, kupferhaltigen Gruppe im Hämocyaninmolekül.

IV. *Brechungsindex und optische Drehung.* Der Index der spezifischen Refraktion (n_D) des Hämocyanins (das heißt die Vergrößerung des Brechungsindex des Wassers, wenn in 100 ccm 1 g Hämocyanin gelöst ist) ist gleich 0,00197. Er ist praktisch unabhängig von der Temperatur, wenigstens zwischen 10–30° C (*Quagliariello*).

Nach *Griffiths* zeigt Hämocyanin in einer verdünnten Lösung von Magnesiumsulfat gelöst eine spezifische Drehung für Natriumlicht

$$[\alpha]_D = -58,3^\circ.$$

V. *Isoelektrischer Punkt.* Setzt man Lösungen dialysierten Hämocyanins einem elektrischen

Gefälle aus, so wandert es zur Anode. Es benimmt sich also wie ein elektronegatives Kolloid. Fügt man aber zur Hämocyaninlösung eine verdünnte Säure in der Menge, daß sich der zuerst gebildete Niederschlag wieder auflöst, und unterwirft diese Lösung einer Kataphorese, so wandert das Hämocyanin zur Kathode, benimmt sich also wie ein elektropositives Kolloid.

Das Hämocyanin ist demnach, wie alle Eiweißkörper, ein amphoterer Elektrolyt, der wie eine Säure oder eine Base dissoziiert, je nach der Konzentration der Wasserstoffionen des Milieus, in dem er sich gelöst befindet. Der isoelektrische Punkt, d. h. die Konzentration der Wasserstoffionen, bei der das Hämocyanin überhaupt nicht oder nur in Spuren zur Anode und zur Kathode wandert, entspricht einer $[H] = 2,1 \times 10^{-5}$ ($pH = 4,7$). Und da am isoelektrischen Punkt die Dissoziationskonstante der Säure (K_a) des Ampholyten sich zu derjenigen der Base (K_b) verhält, wie die Konzentration der Wasserstoffionen zu der der Hydroxylionen $\frac{K_a}{K_b} = \frac{[H]}{[OH]}$, so ergibt sich $\frac{K_a}{K_b} = 7 \times 10^5$.

Daraus folgt, daß die saure Dissoziationskonstante des Hämocyanins viel größer ist als die basische Dissoziationskonstante, das heißt, daß das Hämocyanin eine viel stärkere Säure als Base ist, und daß es sich im Blut, das immer leicht alkalische Reaktion hat, mehr oder weniger vollständig als Salz-, Natrium- oder Kalium-Hämocyaninat, vorfindet (*Quagliariello*).

VI. *Widerstandsfähigkeit des Hämocyanins gegen Fäulnis.* Die Lösungen reinen Hämocyanins zeigen eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegenüber Fäulnisprozessen. Auch das Hämocyaninblut widersteht der Fäulnis viel länger als eine gewöhnliche Eiweißlösung.

Während der Fäulnis entfärbt sich das Blut. Es handelt sich aber um einen einfachen Reduktionsprozeß, nicht um eine Zerstörung des Hämocyanins, weil die gefaute Lösung beim Schütteln mit der Luft ihre blaue Farbe wieder annimmt, genau so wie eine Hämoglobinlösung unter den gleichen Bedingungen ihre rote Farbe wieder erwirbt (*Fredericq*).

VII. *Katalytische Eigenschaften.* Hämocyanin zersetzt Wasserstoffsuperoxyd. Es besitzt außerdem reduzierende und oxydierende Eigenschaften. So reduziert es einige Substanzen wie Ferricyanid und Kaliumpermanganat, während es gegenüber anderen Substanzen, wie Methylenblau, keine Wirkung zeigt. Es ist auffallend, wie sich Oxyhämocyanin spontan nicht reduziert. Aseptisch gewonnenes und von Blutkörperchen befreites Hämocyaninblut oder aseptisch bzw. mit Antiseptics verwahrte Lösungen von Oxyhämocyanin bewahren ihre blaue Farbe unbegrenzt. Eine Lösung von kristallisiertem oder dialysiertem Hämocyanin bläut Guaiak. Die Reaktion verläuft in Anwesenheit von Wasserstoffsuperoxyd

schneller und stärker, findet aber auch ohne es statt. Sehr wahrscheinlich ist diese Wirkung an die Anwesenheit von Kupfer im Häemocyaninmolekül gebunden (Quagliariello).

6. *Verbindungen des Häemocyanins mit Gasen.* Die wichtigste Verbindung, die Häemocyanin mit Gasen eingehen kann, ist zweifelsohne die mit Sauerstoff, die schon 1847 von Harleß bemerkt und dann von allen Beobachtern bestätigt wurde. Diese Verbindung ist wenig stabil, so daß Auspumpen (in Verbindung mit leichter Erwärmung) oder Durchleiten eines indifferenten Gases (Stickstoff, Wasserstoff) genügt, um sie zu trennen. (Siehe weiter unten bei: Dissoziation des Oxyhäemocyanins.) Das Häemocyanin existiert daher wie das Hämoglobin in zwei Formen: als blaugefärbtes Oxyhäemocyanin und als ungefärbtes reduziertes Häemocyanin.

Kohlensäure entfärbt Oxyhäemocyaninlösungen schneller als jedes andere Gas. Das rührt daher, daß es nicht nur wie jedes andere indifferente Gas wirkt, indem es den Sauerstoff austreibt, sondern auch als Säure, indem es das Häemocyanin aus seiner Bindung an die Alkalien verdrängt. Tatsächlich kann sie, wenn ihre Einwirkung verlängert wird, Trübung der Lösung und schließlich Ausfällung des Häemocyanins herbeiführen. Ist die Häemocyaninlösung sehr arm an Salzen und läßt man Kohlensäure hindurchperlen, so bildet sich zuerst ein Niederschlag (isoelektrischer Punkt), der sich dann wieder auflöst (Bildung von kohlensaurem Häemocyanin).

Auch Kohlenoxyd entfärbt Häemocyanin, das aber im Gegensatz zu dem, was mit dem Hämoglobin geschieht, nicht seine Fähigkeit verliert, sich durch Sauerstoffwirkung wieder zu färben. Daher bildet sich entweder kein Kohlenoxydhäemocyanin oder es ist, im Gegensatz zum Kohlenoxydhämoglobin, leicht dissoziierbar. In Übereinstimmung hiermit ist *Kohlenoxyd für Tiere mit Häemocyaninblut nicht giftig.*

Mit Stickoxyd (NO) bildet Häemocyanin eine stabile, grüngefärbte, kristallinische Verbindung, die sich im Vakuum nicht entfärbt.

Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und ganz allgemein alle Reduktionsmittel reduzieren Oxyhäemocyanin. Cyanwasserstoff und die Cyanide entfärben Oxyhäemocyanin. Es bildet sich wahrscheinlich ein Cyanhäemocyanin, analog dem Cyanhämoglobin, das aber kein charakteristisches Spektrum besitzt und sich nur schwer in Oxyhäemocyanin verwandeln läßt.

Wichtig ist das Verhalten des Oxyhäemocyanins gegenüber Ferricyankalium. Bekanntlich wandelt sich mit Ferricyanid behandeltes Oxyhämoglobin in Methämoglobin um, während ein Volumen Sauerstoff, das dem an Hämoglobin gebundenen entspricht, in Freiheit gesetzt wird und das Ferricyanid sich in Ferrocyanid verwandelt. Behandelt man eine Lösung von Oxyhäemocyanin (oder auch das Blut) mit Ferricyanid, so nimmt es eine schöne smaragdgrüne Farbe an, ohne im

übrigen seine spektroskopischen Eigenschaften zu verändern. Ferricyanid wird reduziert, aber es entwickelt sich kein Sauerstoff. Setzt man die smaragdgrüne Lösung dem Vakuum (verbunden mit leichter Erwärmung) aus, so entfärbt sie sich und nimmt eine leichte Gelbfärbung an, die von anwesendem Ferricyanid herrührt. Alles das zeigt, daß ein dem Methämoglobin analoges Methäemocyanin nicht existiert.

7. *Spezifische Sauerstoffkapazität.* Wir besitzen keine Angabe über die Sauerstoffmenge, die reines Häemocyanin binden kann. Aber wir besitzen dafür mehrere Analysen des Sauerstoffgehaltes an der Luft gesättigten Häemocyaninblutes von Mollusken und Arthropoden. Einige dieser Angaben, die neuesten und zuverlässigsten, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 3.
100 ccm des luftgesättigten häemocyaninhaltigen Blutes
enthielten:

	Art	Sauerstoff in 100 ccm	Untersucher
Mollusken	<i>Octopus vulgaris</i>	3,7	Henze
	" "	3,9 — 4,2	Dhéré
	" "	4,2 — 5	Winterstein
	<i>Helix pomatia</i>	1,15 — 1,28	Cuénot
	" "	1,45	Dhéré
Arthropoden	" <i>aspersa</i>	1,2	Cuénot
	<i>Astacus fluviatilis</i>	2,4	Dhéré
	<i>Homarus vulgaris</i>	3 — 3,1	"
	<i>Cancer pagurus</i>	1,6	"
	<i>Palinurus vulgaris</i>	1,43 — 1,48	Winterstein
	<i>Maja squinado</i>	0,84 — 1,13	"
	<i>Limulus polyphemus</i>	2,7	Jolyet und Viallanes

Diese Angaben zeigen unmittelbar, daß nur ein kleiner Teil des im Blut dieser Tiere enthaltenen Sauerstoffs physikalisch gelöst sein kann; der größere Teil muß in chemischer Bindung vorliegen. Bei 15° C lösen in der Tat 100 ccm Wasser nur 0,7 ccm Sauerstoff, und das Meerwasser, dem das Blut dieser Tiere gegenübergestellt werden muß, löst nur 0,6 ccm. Betrachten wir als Beispiel das Blut von *Octopus vulgaris*: 100 ccm dieses Blutes bei Atmosphärendruck gesättigt enthalten im Mittel 4,4 ccm Sauerstoff; da nur 0,6 ccm gelöst sein können, müssen die anderen 3,8 ccm vom Häemocyanin chemisch gebunden sein, das der einzige in diesem Blut enthaltene Eiweißkörper ist. Da andererseits der Häemocyanin-gehalt des Blutes von *Octopus* im Mittel 9 % beträgt, kann man berechnen, daß 1 g Häemocyanin bei 15° C und Atmosphärendruck $\frac{3,8}{9} = 0,42$ ccm

O₂ bindet. Ein Gramm Hämoglobin bindet unter den gleichen Bedingungen 1,34 ccm O₂; daraus folgt, daß die Sauerstoffkapazität des Häemocyanins etwa ein Drittel der des Hämoglobins beträgt.

Wenn man jetzt annimmt, daß ein Atom des im Hämocyanin enthaltenen Kupfers ein Atom Sauerstoff bindet, so müssen, da das Atomgewicht des Kupfers 63,3 ist, 63,3 g Kupfer 16 g gleich 11 200 ccm Sauerstoff entsprechen. Einem

Gramm Kupfer demnach $\frac{11\ 200}{63,3} = 176$ ccm O_2 .

Da das Hämocyanin 0,335 % Kupfer enthält, folgt, daß ein Gramm Hämocyanin $\frac{0,35 \times 176}{100} = 0,6$ ccm

O_2 binden muß. Dieser Wert ist von dem vorher aus dem Sauerstoffgehalt des Blutes errechneten nicht sehr verschieden.

Sehr wichtig sind in dieser Hinsicht Untersuchungen von *Dhéré*. Dieser Verfasser hat verschiedene Kupfer- und Sauerstoffbestimmungen in demselben Blut gemacht, um zu sehen, ob zwischen diesen beiden Elementen eine Proportionalität besteht. Die von ihm erhaltenen Werte sind der Tabelle 4 zu entnehmen, wobei der physikalisch gelöste Sauerstoff abgezogen und für Hämocyanin ein Kupfergehalt von 0,35 % angenommen ist.

mögen von seiten des Hämocyanins verändern, oder das Hämocyanin der Mollusken unterscheidet sich von dem der Arthropoden.

8. *Dissoziation des Oxyhämocyanins.* Die wesentliche Funktion des Oxyhämocyanins ist zweifelsohne gleich der des Hämoglobins: den Sauerstoff der Außenwelt zu binden und ihn zu den Geweben zu transportieren. Der Mechanismus, mit dem das Hämocyanin diese Funktion erfüllt, beruht nicht auf der Verschiedenheit der Sauerstoffspannung der Gewebe gegenüber der Außenwelt. Während es nämlich leicht ist, dem Hämocyanin den Sauerstoff zu entziehen, wenn man mit der Druckverminderung eine leichte Erwärmung ($40-45^\circ C$) verbindet, zeigten *Alsberg* und *Clark* am Blut von *Limulus*, *Bottazzi* an dem von *Octopus*, daß bei gewöhnlicher Temperatur sich das Hämocyanin auch nicht bei einem Druck von 0,02 mm Hg dissoziiert. Da nun die Tiere mit Hämocyaninblut im allgemeinen bei einer Temperatur von ungefähr $15^\circ C$ leben, ist klar, daß der Mechanismus des Gaswechsels dieser Tiere anderer Natur sein muß. Augenscheinlich ist es dieselbe

Tabelle 4.

	100 ccm Hämocyaninblut enthalten				An ein Gramm Kupfer gebundene ccm Sauerstoff
	Sauerstoff ccm			Kupfer mg	
	Gesamt	Physikal. gelöst	Gebunden		
<i>Mollusken</i>					
Helix pomatia	1,45	0,6	0,85	6,5	130
"	2,20	0,6	1,60	11,5	139
Octopus vulgaris	4,20	0,6	3,60	28,5	126
"	3,90	0,6	3,30	23	143
<i>Arthropoden</i>					
Homarus vulgaris	3,00	0,6	2,40	9,5	252
"	3,10	0,6	2,50	10,5	238
Astacus fluviatilis	2,40	0,6	1,80	8	225
Cancer pagurus	1,60	—	1,00	5,5	182
Gesamtmittel ... 176					179

Der mittlere Durchschnitt dieser Werte zeigt also, daß auf ein Gramm Kupfer eine Sauerstoffbindung von 179 ccm entfällt. Wir haben schon gesehen, daß sich rechnerisch für jedes Gramm Kupfer 176 ccm Sauerstoff ergeben, wenn man annimmt, daß die beiden Elemente sich Atom für Atom verbinden.

Immerhin darf man nicht verbergen, daß die Abweichungen vom Mittelwert 179 ccm, abgesehen davon, daß sie beträchtlich sind — was mit methodischen Irrtümern (die in diesem Spezialfall noch mit der Notwendigkeit, mit kleinen Mengen arbeiten zu müssen, beschwert sind) noch erklärt werden könnte — systematischer Natur sind. Tatsächlich finden wir für die Mollusken immer geringere, für die Arthropoden stets höhere Werte als die berechneten. Daher handelt es sich wahrscheinlich nicht um einen Irrtum, sondern im Blut der beiden untersuchten Arten existieren Bedingungen, welche das Sauerstoffbindungsver-

Kohlensäure, die sich bei der Zelltätigkeit bildet, die durch Ansäuerung des Blutes eine Verminderung der elektrolytischen Dissoziation des Hämocyanins herbeiführt und so sein Sauerstoffverbindungsvermögen verringert. In Berührung mit den Branchialvenen geht die Kohlensäure, die im venösen Blut eine größere Spannung hat als in der Außenwelt, in dies über. Die Acidität des Blutes verringert sich, die Dissoziation des Hämocyanins nimmt zu und damit seine Fähigkeit, Sauerstoff zu binden. Bekanntlich hat dieser Mechanismus auch für die Atmungsfunktion des Hämoglobins große Bedeutung, und für homoiotherme Tiere mit hämoglobinhaltigem Blut ist er zweifellos der wichtigste Mechanismus ihres Gaswechsels. Wenn die Untersuchungen von *Alsberg* und *Clark* richtig sind und, wie aus dem Versuch von *Bottazzi* hervorzugehen scheint, auf alle Tiere mit Hämocyaninblut ausgedehnt werden können, so muß man annehmen, daß bei einer

Temperatur von 15° C Oxyhämocyanin praktisch als eine feste Verbindung angesehen werden muß, da es selbst bei einer Herabsetzung der Sauerstoffpartialspannung von 150 auf 0,02 mm Hg nicht in wahrnehmbarer Weise dissoziiert. Daher beruht der Mechanismus der Atmungsfunktion des Hämocyanins im wesentlichen auf der Reaktionsveränderung, die das Blut erleidet, wenn es von den interstitiellen Lakunen, wo es die Endprodukte des Zellstoffwechsels aufnimmt, zu den Branchialvenen wandert, wo es mit der Außenluft in Berührung kommt und sich des wichtigsten dieser Stoffe, nämlich der Kohlensäure, entledigt.

9. *Antigene Eigenschaften und Giftigkeit des Hämocyanins.* Das Hämocyanin besitzt zum Unterschied von Hämoglobin deutlich antigene Eigenschaften. *Dungern* gelang es, durch intravenöse Einspritzung des Blutes von *Octopus vulgaris* und *Maja squinado* beim Kaninchen die Bildung von Präzipitinen zu erzielen. Und kürzlich hat *Schmidt* durch subkutane Einspritzungen von Hämocyanin, das aus dem Blut von *Halotis* (Gastropoden) gewonnen war, die Bildung von komplementbindenden Antikörpern und Präzipitinen erhalten. Mit demselben Hämocyanin gelang es auch *Schmidt*, Meerschweinchen zu sensibilisieren und einen anaphylaktischen Schock hervorzurufen.

Ferner folgt aus den Untersuchungen von *Dungern* die wichtige Tatsache, daß die im Kaninchenblut durch Einspritzungen des Blutes von *Maja* erhaltenen Präzipitine nur gegenüber dem Blut dieses Tieres sowie anderer Crustaceen wirksam sind, während sie gegenüber dem Molluskenblut keine Wirksamkeit entfalten. Dieses Ergebnis ist außerordentlich wichtig, weil es das stärkste Argument für das Vorhandensein wenigstens zwei verschiedener Hämocyanine bei den beiden Klassen der Wirbellosen bildet.

Was die Giftigkeit des Hämocyanins betrifft, so gibt es in der Literatur nur wenige und nicht gut übereinstimmende Angaben. Aus Untersuchungen, die augenblicklich auf der zoologischen Station in Neapel durchgeführt werden, scheinen die Meinungsverschiedenheiten über die Giftigkeit des Hämocyanins daher zu rühren, daß nicht alle Hämocyanine gleich giftig sind. Das der Mollusken scheint unvergleichlich viel giftiger zu sein als das der Crustaceen. Außerdem sind nicht alle Tiere gleich empfindlich gegenüber der Wirkung des Hämocyanins, Kaninchen zeigen eine viel größere Widerstandsfähigkeit als Hunde und Meerschweinchen. Sicher ist, daß durch Dialyse oder Kristallisation hergestelltes Hämocyanin aus Cephalopodenblut für Hunde und Meerschweinchen außerordentlich giftig ist. Die tödliche Minimaldosis für Meerschweinchen beträgt weniger als 0,1 mg pro kg Tier. Hunde vertragen viel mehr, aber schon Dosen von einigen mg pro kg Tier bewirken schwere Vergiftungserscheinungen.

Wenige Sekunden bis eine Minute nach intravenöser Einspritzung tritt das Tier in ein Sta-

dium wachsender Unruhe. Zu gleicher Zeit zeigen sich Brechbewegungen, die später von richtigem Erbrechen gefolgt sind. Oft wird Stuhl und Urin gelassen. Dann wird das Tier unbeweglich, die Augen sind geöffnet, die Atmung ist tief. Es scheint sich in tiefer Narkose zu befinden, aber der Cornealreflex ist nicht aufgehoben und es reagiert weiter auf Hautreize. Dieser Zustand allgemeiner Depressión und Muskeler schlaffung dauert verschieden lange Zeit, je nach der Menge des eingespritzten Hämocyanins. War die tödliche Dosis nicht erreicht, so kehrt das Tier gewissermaßen unvermittelt zum Normalzustand zurück. Die physiologische Analyse hebt die Blutdrucksenkung sowie die Ungerinnbarkeit des Blutes hervor.

10. *Einheitlichkeit des Hämocyanins.* Eine letzte noch nicht ganz geklarte Frage ist die, ob im ganzen Tierreich nur ein einziges Hämocyanin existiert, oder ob das Hämocyanin der Mollusken von dem der Arthropoden verschieden ist, oder ob schließlich auch innerhalb der Mollusken und der Arthropoden es verschiedene Hämocyanine gibt.

Daß im ganzen Tierreich ein einheitliches Hämocyanin vorherrscht, scheint wenig wahrscheinlich, da schon zahlreiche Unterschiede zwischen dem Hämocyanin der Mollusken und dem der Arthropoden vorgebracht worden sind. Ich erinnere an die wichtigsten dieser Unterschiede:

1. Das Hämocyanin der Cephalopoden ist für Hunde und Meerschweinchen viel giftiger als das der Crustaceen.

2. Die Präzipitine, die sich im Kaninchenblut auf Einspritzungen des Blutes von *Maja* hin bilden, fällen allgemein das Hämocyanin der Crustaceen, aber nicht das der Mollusken.

3. Das Sauerstoffbindungsvermögen des Mollusken-Hämocyanins ist beträchtlich viel höher als das der Arthropoden.

4. Das Arthropoden-Hämocyanin widersteht der Dialyse besser als das der Mollusken.

5. Das Hämocyanin der Mollusken kristallisiert mit großer Leichtigkeit, das der Arthropoden mit so großer Schwierigkeit, daß es bis heute nur bei *Palinurus* gelungen ist, es kristallinisch zu erhalten.

6. Das Hämocyanin der Mollusken gibt violette, das der Arthropoden rote Biuretreaktion.

7. Die Achse des Absorptionsbandes im Gelb befindet sich beim Oxyhämocyanin der Mollusken weiter nach rechts, gegen rot zu, als beim Oxyhämocyanin der Arthropoden.

Alle diese Tatsachen sprechen für das Vorhandensein von wenigstens zwei Hämocyaninen, aber es ist nicht ausgeschlossen, daß noch mehr als zwei existieren. Beispielsweise ist es nicht unwahrscheinlich, daß das Hämocyanin aus dem Blut von *Limulus polyphemus*, das, wie wir gesehen haben, in so vieler Hinsicht ein ganz besonderes Verhalten zeigt, von dem aller anderen Tiere unserer Gegen verschieden ist. Andererseits entspricht keines-

wegs die Unterscheidung, die wir zwischen dem Hämocyanin der Mollusken und dem der Arthropoden gemacht haben, genau allen beobachteten Tatsachen. Das Oxyhämocyanin von *Helix pomatia* (Mollusken, Gastropoden) verhält sich tatsächlich nach seinen spektroskopischen Eigenschaften, seiner Widerstandsfähigkeit gegen Dialyse und nach der Rotfärbung, die es bei der Biuretreaktion annimmt, wie Arthropoden-Hämocyanin, während sich sein Sauerstoffbindungsvermögen wie das von Mollusken verhält.

Während wir, wie man sieht, genügend Gründe haben, um auszuschließen, daß es im ganzen Tierreich nur ein einziges Hämocyanin gibt, sind wir noch weit davon entfernt, die verschiedenen Hämocyanine klassifizieren und ihre Verteilung angeben zu können. Noch weniger bekannt ist, worin der Unterschied zwischen einem Hämocyanin und dem anderen besteht. Auch über die Einheitlichkeit des Hämoglobins hat man viel gestritten, heute hat man im allgemeinen die Existenz verschiedener Hämoglobine erkannt und nimmt an, daß der Unterschied in der Konstitution des Eiweißkerns besteht, während die prosthetische Gruppe für alle gleich sei. Dasselbe könnte man für das Hämocyanin annehmen, wenn wir auch in diesem Fall noch weit von der Identifizierung der prosthetischen Gruppe entfernt sind.

11. *Biologische Bedeutung des Hämocyanins.* Aus allem, was bis hierher entwickelt worden ist, folgt, daß das Hämocyanin ein in seiner Funktion dem Hämoglobin ähnliches Atmungsprotein ist. Wir können auch sagen, daß Hämocyanin und Hämoglobin die beiden einzigen Eiweißkörper sind, deren Atmungsfunktion ausnahmslos dargetan werden konnte. Jetzt ist bekannt, daß diese beiden Substanzen außer in ihrer Funktion sich auch in ihrer chemischen Konstitution ähneln, da eine sowohl wie die andere aus einem Eiweißkörper und einem Schwermetall besteht, dem Eisen beim Hämoglobin, dem Kupfer beim Hämocyanin.

Aber eine Frage, über die wir zurzeit noch völlig ununterrichtet bleiben, ist die, *was die Verteilung der beiden Atmungsproteine im Tierreich bedeutet.*

Das Hämoglobin ist im Tierreich sehr verbreitet. Es findet sich nicht nur bei allen Wirbeltieren, sondern auch bei Wirbellosen mit viel niederer Organisation als Mollusken und Arthropoden, wie z. B. bei den Würmern.

Warum findet sich im Blut der Cephalopoden und anderer Mollusken und dem höherer Crustaceen und anderer Arthropoden an Stelle des Hämoglobins das Hämocyanin? Anscheinend kann dies nicht mit dem geringeren Sauerstoffbedarf von seiten dieser Tiere in Beziehung gebracht werden, da das hämoglobinhaltige Blut sehr vieler Wirbelloser eine geringere Sauerstoffkapazität als das Cephalopodenblut besitzt. Außerdem ist zu bemerken, daß nicht nur in derselben Klasse einige Tiere hämocyaninhaltiges, andere hämoglobinhaltiges Blut besitzen (z. B. bei den La-

mellibranchiern); sondern daß auch in derselben Familie solche Unterschiede vorkommen. So finden wir beispielsweise in der Familie der *Soleniden* Hämoglobin bei *Solen legumen*, Hämocyanin bei *Solen ensis*. Und keineswegs können die Lebensbedingungen herangezogen werden, da sich im Blut von *Planorbis* Hämoglobin findet, während man im Blut von *Lymnaea stagnalis*, das denselben Wohnort hat, Hämocyanin antrifft. Schließlich sei hinzugefügt, um die Erklärung des Phänomens noch schwieriger zu gestalten, daß bei verschiedenen Mollusken mit Hämocyaninblut sich in den Pharynxmuskeln und im Oesophagusganglion Hämoglobin befindet (z. B. bei *Paludina*).

Nach Dhéré wäre das Hämocyanin im Lauf alter geologischer Perioden in einem bestimmten Zeitabschnitt die vorherrschende Atmungssubstanz gewesen. Tatsächlich sind die Xiphosuren mit den Cephalopoden die wichtigsten Fossilien des Paleozäns; nun wohl der *Limulus*, der einzige überlebende Vertreter der Xiphosuren, ebenso wie die Cephalopoden, beide hämocyaninhaltiges Blut besitzen.

Vegetationsstudien in den Wäldern Ostpreußens.

Von Fr. Markgraf, Berlin.

Zur allgemeinen Vegetationskunde sollen diese kurzen Studien einen Beitrag liefern; daher ist es angebracht, einige allgemeine Erörterungen vorzuschicken.

Planmäßigkeit in der Vielheit der Erscheinungen zu erkennen, ist das Bestreben des Naturforschers. Naturgesetze von verschiedenem Geltungsbereich, aus Wahrnehmungen erschlossen, sind die Ordnungsgrundsätze, die dem Gesamtplan untergeordnet sind. Sie lassen sich aber nur dann auffinden, wenn die Begriffe, deren Beziehungen sie ausdrücken sollen, klar sind. Nun können jedoch von Anfang an nicht alle Anforderungen bekannt sein, die später vielleicht an Umfang und Inhalt der Begriffe gestellt werden müssen. Die ersten Definitionen werden also unvollständig sein, auch wenn man sie von problematischen Bestandteilen rein hält. Die Erfahrung, die aus der Anwendung der Begriffe auf die Wahrnehmungen entsteht, wird zu Änderungen an der Form der Definitionen nötigen.

Aus diesem Bedürfnis erklärt sich, wie mir scheint, auch die unangenehme Unsicherheit in der Anwendung selbst der Grundbegriffe in der Vegetationskunde. Überzeugt davon, daß nicht nur dem Leben des Einzelorganismus, sondern auch dem der Gesamtheit der Pflanzen eine Gesetzmäßigkeit innewohne, festigte man sich den Begriff der *Assoziation* als einer natürlichen, d. h. von menschlichen Ordnungsmöglichkeiten unabhängig geordneten *Vegetationseinheit*. Man fragte dann sofort: welche Kräfte können diese Ordnung bewirken? und machte die Standorts-

faktoren dafür verantwortlich. Die Richtigkeit dieser Behauptung schien so augenfällig, daß man den Standort sogar in die Definition mit einbezog¹⁾. Die neuere These von Clements²⁾, organische Entwicklung sei den Vegetationseinheiten eigentümlich, setzt an dessen Stelle ein anderes Prinzip. Die Schule von Upsala³⁾ betont, man müsse erst die Gesetzmäßigkeit selbst kennen, ehe man eine andere, ihr vermeintlich zugrundeliegende Ordnung wissenschaftlich ermitteln könne. Sie hat dementsprechend die Methoden der *Bestandesaufnahme* verfeinert. Auch die Bestandestreue einzelner Arten, die Braun-Blanquet⁴⁾ in den Vordergrund rückt, ist ein an sich nicht ökologisches, d. h. aus den Umweltsbedingungen abgeleitetes Merkmal, ebenso wie alle statistischen Eigentümlichkeiten im Aufbau der Assoziationen, die namentlich in der Schweiz benutzt worden sind⁵⁾.

Welche „Ursachen“, d. h. welche weiteren Gesetzmäßigkeiten die der Beobachtung zugängliche Ordnung bewirken, das kann erst dann zwingend entschieden werden, wenn die Objekte, also in unserem Falle die Assoziationen, vergleichbar charakterisiert worden sind. Alle Bemühungen, die äußerlich wahrnehmbare (statistische) Regelmäßigkeit darzustellen, zielen ja schließlich hierauf ab. Für die Alpen sind auch nach Rübel⁶⁾ Vorgang schon vergleichbare Schilderungen erfolgt. Sonst aber beobachtet man bisweilen recht ungleiche Auffassungen bereits über den *Umfang* des Grundbegriffes, der Assoziation⁷⁾. Da nun im Hochgebirge trotz mancher schroffen Gegensätze gemeinsame Züge der entsprechenden Vegetationsregionen wegen der geringen Entfernung zwischen den Tälern wohl zu erwarten sind, erscheint mir die Frage wichtig, ob eine Assoziation über weite Strecken der Ebene hin, wo ihr keine scharfen klimatischen und orographischen Grenzen gesteckt sind, ihren gleichen Charakter behält. Dabei wird das Verhalten ihrer Glieder an der Grenze ihres Vorkommens dazu nötigen, daß man den Umfang des Begriffes „Assoziation“

kritisiert. Man wird fragen müssen, welche Merkmale der Assoziation man am höchsten bewerten soll. Dies alles wäre eine systematische Arbeitsweise; sie muß der vorher erwähnten nach Ursachen suchenden (nomothetischen) vorangehen.

Im Sommer 1922 habe ich nun auf einer Reise nach Ostpreußen Eindrücke gewonnen, die zu den eben berührten Dingen in Beziehung stehen; und wenn diese auch erst einen Anfang darstellen, so glaube ich doch, daß ihre Mitteilung von Nutzen sein kann⁸⁾.

Mein Augenmerk richtete sich hauptsächlich auf den Wald. Reiner Laubwald scheint in Ostpreußen weniger häufig zu sein als bei uns. Erreicht doch die Rotbuche schon im Westen der Provinz, etwa in der Linie Pillau—Bischofsburg—Ortelsburg, ihre Ostgrenze⁹⁾, und die Weißbuche, in deren Schutz dann z. T. die Begleiter jener anderen treten, trifft man häufiger in Mischbeständen mit der Fichte und anderen Bäumen als im reinen oder fast reinen Bestand an, wie wir ihn bei *Fagus* gewohnt sind.

I. Bei Osterode besuchte ich im Döhlauer Walde einen Buchenbezirk, der von Rotbuchen beherrscht wurde und als einzigen anderen Baum die Weißbuche *Carpinus* in geringer Menge, allerdings in einigem Grade konstant durch die untersuchte Assoziation hin enthielt. In hohem Grade konstant waren unter den Begleitern *Maianthemum bifolium*, *Asperula odorata*, *Calamagrostis epigeios*, *Actaea spicata*, *Aspidium filix mas*, *Pulmonaria officinalis*, *Carex silvatica*, *Athyrium filix femina*. An Menge traten das Schattenblümchen, der Waldmeister, die Farne und *Calamagrostis* hervor. Die Assoziation machte an den Stellen ihres Vorkommens einen gut entwickelten Eindruck; die Buchen wiesen natürliche Verjüngung¹⁰⁾ auf.

II. In der Mark würde man *Calamagrostis epigeios* in solchem Verein nicht erwarten; auch die Farne würden mehr zurücktreten, dafür aber *Oxalis acetosella* und *Lathyrus vernus* häufiger, wenn auch nicht konstanter sein. Diese Unterschiede lassen eine ökologische Deutung zu: an den betreffenden Stellen im Döhlauer Wald ist das Gelände von steilwandigen Schluchten zerrissen. Lichtlücken zwischen den Baumkronen kommen daher vor und ermöglichen den Eintritt des Landschilfs. Bei den Farnen ist eine Vorliebe für Abhänge, die der Wirkung des abfließenden Wassers ausgesetzt sind, vielfach zu bemerken.

Abgesehen von diesen ökologisch erklärbaren Abweichungen zeigt sich doch eine gewisse Übereinstimmung zwischen den beiden Beispielen,

¹⁾ Flahault und Schröter in Actes du 3. congrès internat. de Botan., Brüssel 1910.

²⁾ Clements, Plant succession. Washington (Carnegie inst. publ. 242) 1916.

³⁾ Vgl. die zusammenfassende Darstellung von Du Rietz, Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie, Upsala 1921. — Ausführlich spricht über diese Dinge Wangerin in dieser Zeitschrift Bd. 10 (1922), 574.

⁴⁾ Vgl. Braun-Blanquet z. B. in Jb. St. Gallischen natw. Ges. 57, 2 (1921), S. 305.

⁵⁾ Brockmann-Jerosch, Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften, Leipzig 1907. — Rübel in Engl. Jb. 47 (1911), 1. — Rübel, Geobotanische Untersuchungsmethoden, Berlin 1922.

⁶⁾ Rübel in Journ. of ecology 8 (1920), 18. — Rübel, Curvuletum; in Mitt. geobot. Inst. Rübel, Zürich 1922. — Ferner u. a. Mitt. natf. Ges. Bern, Vierteljahrsschr. natw. Ges. Zürich, Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz in Ber. Schw. bot. Ges.

⁷⁾ Vgl. die historische Darstellung bei Du Rietz a. a. O.

⁸⁾ Quantitative Listen auch in d. neueren Jahresber. d. Preuß. Bot. Vereins (Groß, Kalkreuth, Steffen); die ich leider bei dieser Arbeit nicht benutzen konnte. (Nach frdl. Mitt. von Dr. Steffen.)

⁹⁾ Vgl. Abromeit in Engl. Jb. 46 (1912), Beibl. 106. S. 69.

¹⁰⁾ Unaufgeforsteter Nachwuchs.

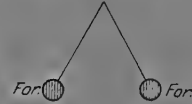
deren Artenlisten unten angegeben sind¹¹⁾. Die Buche herrscht bei weitem vor, und nur Pflanzen der Feldschicht¹²⁾ wachsen in ihrem Schatten. Diese sind floristisch zum größten Teil gleich, wenn auch ihre Konstanz und Häufigkeit nicht immer übereinstimmen. Ich würde wegen der gemeinsamen Züge in der Zusammensetzung hierin zwei Unterassoziationen derselben Assoziation erblicken.

III. Das dritte Beispiel wähle ich aus der Gegend der Allequellen (bei Lahnamühle) südlich Allenstein. Dort herrscht die Weißbuche völlig. Ihr Schatten, der etwas lichter ist als der der Rotbuche, erlaubt hier und da Sträuchern ein bescheidenes Wachstum. Es sind *Tilia cordata*, *Corylus avellana* und *Lonicera xylosteum*. Auf dem Boden sind am konstantesten *Maianthemum bifolium*, *Galium Schultesii*, *Melampyrum nemorosum* und *Equisetum silvaticum*, am häufigsten außer diesen *Asarum europaeum*, *Anemone hepatica*, *Oxalis acetosella*. Vergleichen wir diese Gesellschaft wieder mit dem in der Mark vorkommenden Rotbuchenwald¹³⁾, so fällt uns eine ziemlich große Übereinstimmung in den Arten und z. T. auch ihren Zahlenverhältnissen auf. Trotzdem wird man sie nicht derselben Assoziation zu rechnen, weil selbst abgesehen von der Baumart wichtige Unterschiede im Aufbau zwischen ihnen bestehen. Gegenüber den vorhin schon hervorgehobenen Eigentümlichkeiten des Fagetums fällt ins Gewicht, daß eine Strauchschicht ausgebildet ist, wenn sie auch nicht durch Mengenfaltung hervorsticht. Abweichend ist auch das Bild der Feldschicht. *Melampyrum nemorosum* z. B. und *Chaerophyllum aromaticum* treten hochbeziffert auf, während sie im geschlossenen *Fagus*-Bestand durchaus fehlen.

Haben wir bisher nur tastend die Assoziation abgegrenzt, so müssen wir nunmehr einen Blick auf den *Umfang des Assoziationsbegriffes* werfen und versuchen, genauere Kennzeichen für ihn abzuleiten.

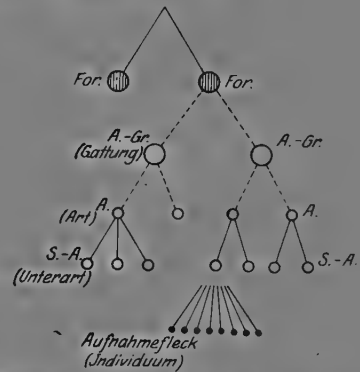
Wenn als klassisches Beispiel für den Umfang des Assoziationsbegriffs das *Fagetum silvaticum* genannt wird¹⁴⁾, so liegt darin schon sozusagen eine Abstraktion zweiten Grades. Denn es tritt in sehr verschiedenen Ausbildungsformen auf, die dann dieser „Assoziation“ als Subassoziationen untergeordnet werden müßten. Sie selbst sind aber auch schon Abstraktionen aus einer Anzahl von Einzelaufnahmen, und deren Objekte erst sind in der Natur wirklich vorhanden. Nun nennen aber gewöhnlich die Bearbeiter *kleinerer* Gebiete ihre besondere Ausbildungsform des be-

treffenden Vereins „Assoziation“ und bezeichnen als Subassoziation die Abwandlungen davon, denen meist nur eine lokale Verbreitung eigen ist. Andererseits geht man bei der Beschreibung großer Landstriche in der Regel über Begriffe vom Umfang der „Formation“ (z. B. sommergrüner Laubwald) nach unten nicht hinaus. Das



For. = Formation. A. = Assoziation.
S.-A. = Subassoziation.

allgemeine Fagetum und alle Begriffe von gleichem Range schweben also in der Luft, und es liegt das Bedürfnis nach einer Einteilungsstufe zwischen Formation und Assoziation vor. Man könnte sie „Assoziationsgruppe“ nennen, wie es auch schon geschehen ist¹⁵⁾; es wäre eine



For. = Formation. A.-Gr. = Assoziationsgruppe.
A. = Assoziation. S.-A. = Subassoziation.

Pflanzengesellschaft mit gleicher Wuchsform und Dominante. Man befindet sich dabei in Übereinstimmung mit den Einheiten der Verwandtschaftskunde. Dem konkreten Individuum entspricht der Aufnahmefleck, der aus Individuen abstrahierten Art mit ihren Unterarten die Assoziation mit ihren Subassoziationen, der aus dem Vergleich mehrerer Arten gewonnenen Gattung die Assoziationsgruppe, die mehrere Assoziationen umfaßt, usw. Es ist folgerichtig, die Assoziation, der Grundbegriff der Vegetationskunde, dem Grundbegriff der Verwandtschaftskunde, der Art, an die Seite zu stellen und nicht der Gattung.

Verfahren wir in diesem Sinne, so haben wir das *Fagetum silvaticum* als Assoziationsgruppe zu bezeichnen, als Assoziation Einzelfälle davon. Welche Merkmale nun eine Zusammenfassung von Aufnahmen zu diesem Range erheben, dafür

¹¹⁾ Dabei ist zu bemerken, daß die Liste aus der Bredower Forst methodisch den ostpreußischen nicht gleichwertig ist, weil sie aus früherer Zeit stammt (Markgraf, die Bredower Forst, Diss. Berlin 1922).

¹²⁾ Pflanzenschicht von durchschnittl. Staudenhöhe.

¹³⁾ Fagetum.

¹⁴⁾ Vgl. Diels, Pflanzengeographie, 2. Aufl., Sammlung Götschen, Berlin-Leipzig 1918, S. 71.

¹⁵⁾ Beger in Beilage Jahresber. natf. Ges. Graubündens 1921/22. — Ähnlich Frey in Mitt. natf. Ges. Bern 1921, Heft 6.

Bestandesaufnahmen¹⁶⁾.

(Formation: laubwerfender Sommerwald.)

(Ass.-Gruppe: Fagetum.)

(Assoziation: Fagetum der Ebene.)

(Subassoziation: farnreich. Faget.)

I. Döhlauer Wald bei Osterode

	H	K
<i>Fagus silvatica</i>	5	5
<i>Carpinus betulus</i>	1	2

(Subassoziat.: staudenreich. Faget.)

II. Bredower Forst bei Berlin

	H	K
<i>Fagus silvatica</i>	4	5
<i>Carpinus betulus</i>	2	4

(Ass.-Gruppe: Carpinetum.)

(Assoziation:

Carpinetum der Ebene.)

III. Laubwald bei Lahnsmühle

	H	K
<i>Carpinus betulus</i>	5	5

<i>Maianthemum bifolium</i>	4	5
<i>Calamagrostis epigeios</i>	4	5
<i>Asperula odorata</i>	4	5
<i>Actaea spicata</i>	2	5
<i>Athyrium filix femina</i>	3	4
<i>Aspidium filix mas.</i>	2	4
<i>Stellaria holostea</i>	2	4
<i>Carex silvatica</i>	1	4
<i>Fagus silvatica (jung)</i>	1	4
<i>Pulmonaria officinalis</i>	1	4
<i>Dryopteris Linnæi</i>	2	3
<i>Lamium galeobdolon</i>	2	3
<i>Anemone hepatica</i>	1	3
<i>Oxalis acetosella</i>	1	3
<i>Viola silvatica</i>	2	2
<i>Lactuca muralis</i>	1	2
<i>Polygonatum multiflorum</i> ..	1	1
<i>Lathyrus vernus</i>	1	1
<i>Acer platanoides (jung)</i>	1	1
<i>Hedera helix</i>	1	1
<i>Sanicula europaea</i>	1	1

<i>Brachypodium silvaticum</i> ..	4	5
<i>Lathyrus vernus</i>	3	4
<i>Rubus caesius</i>	2	4
<i>Asperula odorata</i>	2	4
<i>Stellaria holostea</i>	2	3
<i>Aspidium filix mas.</i>	1	3
<i>Viola silvatica</i>	3	2
<i>Maianthemum bifolium</i>	2	2
<i>Polygonatum multiflorum</i> ..	2	2
<i>Deschampsia caespitosa</i>	2	2
<i>Festuca gigantea</i>	2	2
<i>Dactylis Aschersoniana</i>	2	2
<i>Anemone nemorosa</i>	2	2
<i>Hedera helix</i>	2	2
<i>Pulmonaria officinalis</i>	2	2
<i>Lactuca muralis</i>	2	2
<i>Convallaria maialis</i>	1	2
<i>Milium effusum</i>	1	2
<i>Phyteuma spicatum</i>	1	2
<i>Epipactis latifolia</i>	1	1
<i>Urtica dioica</i>	1	1
<i>Fragaria vesca</i>	1	1

<i>Corylus avellana</i>	1	1
<i>Tilia cordata</i>	1	1
<i>Lonicera xylosteum</i>	1	1

<i>Melampyrum nemorosum</i> ..	5	5
<i>Equisetum silvaticum</i>	4	5
<i>Maianthemum bifolium</i>	4	5
<i>Galium Schultesii</i>	4	5
<i>Asarum europaeum</i>	4	4
<i>Anemone hepatica</i>	4	4
<i>Phyteuma spicatum</i>	2	4
<i>Oxalis acetosella</i>	4	3
<i>Pulmonaria officinalis</i>	1	3
<i>Melica nutans</i>	2	2
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	2	2
<i>Lamium galeobdolon</i>	2	2
<i>Milium effusum</i>	1	2
<i>Stellaria holostea</i>	1	2
<i>Aspidium filix mas.</i>	2	1
<i>Aira flexuosa</i>	2	1
<i>Viola sp.</i>	2	1
<i>Polygonatum officinale</i> ..	1	1
<i>Paris quadrifolia</i>	1	1
<i>Festuca gigantea</i>	1	1
<i>Ranunculus lanuginosus</i> ..	1	1
<i>Lathyrus vernus</i>	1	1
<i>Daphne mezereum</i>	1	1
<i>Scrophularia nodosa</i>	1	1
<i>Campanula trachelium</i>	1	1
<i>Lamprana communis</i>	1	1

mögen uns wieder die drei Beispiele einen Fingerzeig geben.

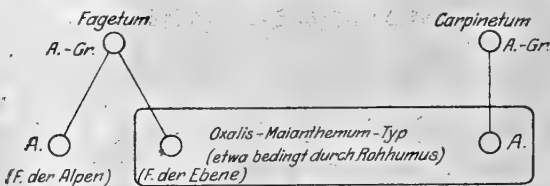
Als wir *Fagetum* und *Carpinetum* verglichen, die wir verschiedenen Assoziationen zugerechnet hatten, fiel uns auf, daß sie bis zu einem gewissen Grade gleichen Unterwuchs besitzen. Vom ökologischen Standpunkt aus kann dies nicht allzu erstaunlich erscheinen; denn Ähnlichkeiten in den Standortsfaktoren bieten Rotbuche und Weißbuche den Pflanzen der Feldschicht, die unter ihnen wachsen, sicherlich. Die Überraschung besteht eigentlich nur in der Erkenntnis, daß ein großer Teil der Gewächse, die man in einem kleineren Gebiet ständig als „Rotbuchenbegleiter“ auftreten sieht, keinen hohen Treuegrad gegenüber den *Fagus*assoziationen besitzen. *Braun-Blanquet*¹⁶⁾, der die Bestandestreue zum

¹⁶⁾ Die Häufigkeit (H) wurde durch Schätzung auf einer (nicht scharf begrenzten) Probestfläche, die Konstanz (K) durch Schätzung beim Durchqueren der Bestände gewonnen. Diese Vereinfachung möge durch die Zeitbedürfnisse einer Reise entschuldigt sein.

Hauptkriterium der Abgrenzung von Einheiten der Vegetationskunde erhebt, unterscheidet gesellschaftstreue, -feste und -holde Charakterarten und daneben Begleiter (Sekundanten) und Zufällige. In Fällen wie dem eben berührten würde dann eine große Zahl von Sekundanten vorhanden sein, die den betreffenden Gesellschaften gemeinsam wären. Nordischen Botanikern folgend, nach deren Schilderungen derartige Verhältnisse in subarktischen Ländern häufig vorzukommen scheinen, faßt sie *Braun* unter dem Namen „Zwillinggesellschaften“ zusammen. Neben diesen bleiben dann nur ganz wenige Vertreter übrig, die als Charakterarten bewertet werden können. In unserem Beispiel dürften sich vielleicht der Efeu für das herangezogene *Fagetum*, *Melampyrum nemorosum* für das mitgeteilte *Carpinetum* als solche ansehen lassen; jedoch muß dafür die Prüfung zahlreicherer Vorkommnisse dieser Assoziationen vorbehalten werden.

Es bleibt natürlich, wenn man die Bestandes-

treue nicht beachtet, zweifelhaft, ob man nicht etwa die Zwillingsgesellschaft selbst als den wesentlichen Teil ansehen muß, der diese oder jene zur Kennzeichnung der Assoziation gleichgültige Baumschicht „in sich aufnimmt“¹⁷⁾. Damit wäre aber wieder ein Begriff von ganz anderem Umfang unter diesem Namen eingeführt. Wie er sich zu den bisher erörterten verhält, das sollen uns die „Waldtypen“ veranschaulichen, die der finnische Forstbotaniker *Cajander*¹⁸⁾ benannt und studiert hat. Es sind Typen gleichen Unterwuchses unter verschiedenen Baumschichten. Ursächlich werden sie von ihm durch Übereinstimmung der Standortsfaktoren erklärt. Daß dabei nicht ebenfalls die Bäume immer dieselben sind, soll daran liegen, daß der Wettbewerb zwischen den Gliedern des Unterwuchses schneller zum Gleichgewicht kommt als der der Bäume. Auch unsere Beispiele passen hierher; weitere Aufnahmen werden den Grad der Übereinstimmung zwischen ihnen wahrscheinlich noch besser erkennen lassen. Zum Teil ähnelt der Unterwuchs sogar noch dem im Mischwald; der gemeinsame ökologische Hauptfaktor dürfte hier der Baumschatten sein. Da also derselbe Vegetationstyp in verschiedenen Assoziationsgruppen auftritt, so muß jener Begriff von diesem formell verschieden sein. Man kann die Assoziationen nach zwei Richtungen zusammenfassen: sozusagen senkrecht, indem man sie derselben (floristischen) Assoziationsgruppe einfügt; wagerecht, indem man sie demselben (ökologischen) Vegetationstyp zurechnet. Von diesem Standpunkt aus scheint



mir eine Klärung der eingangs berührten Unsicherheit über das gegenseitige Verhältnis von Standort und Vegetation möglich zu sein: lediglich floristisch muß das System begründet sein, dem Assoziation, Formation usw. angehören; mit ihm kreuzt sich das ökologische System der Vegetationstypen.

Ein Beispiel: Zuerst ermittelt man die Verteilung der Arten im Verbands. Man wird da eine Reihe von *Konstanten* für jede Assoziation namentlich anführen, vielleicht auch eine untere Grenze des Konstanzgrades für sie festsetzen können. Beim Vergleich der Rotbuchen-Assoziation bei Osterode und Berlin würden etwa *Fagus silvatica* mit *K* 5, *Asperula odorata* mit mindestens *K* 4, *Lathyrus vernus*, *Stellaria holostea* (*K* 3), *Viola silvatica* (*K* 2), *Maianthemum bifo-*

lium mit durchschnittlich *K* 3 angegeben werden können. Für die große Zahl der Arten mittlerer und niedriger Konstanzgrade wird sich kaum eine quantitative Regel ergeben, und sie werden ihren Hauptwert bei der Typenbeurteilung gewinnen. Die Häufigkeit und der Bedeckungsgrad¹⁹⁾ scheinen größeren Schwankungen unterworfen zu sein als die Konstanz, so daß man sie wohl meist nur zur Kennzeichnung von *Unterassoziationen* wird heranziehen können. Auch das *Minimiareal*²⁰⁾, die kleinste Fläche, auf der die Assoziation auftreten kann, könnte vielleicht als Merkmal brauchbar sein; jedoch habe ich diese Angelegenheit nicht verfolgt. Dagegen ist eine Mitteilung über die bestandstreuen Arten wünschenswert. Namen sind für unsere Fälle ja schon angeführt worden.

Man wird hier fragen müssen, wie weit andere Arten in den einzelnen *Treuegraden*, die man aus vielen Vorkommnissen der Assoziation ermittelt hat, vorkommen dürfen, ohne daß man genötigt ist, eine neue Assoziation anzunehmen. Unter den Bestandstreuen und -festen wird man gar keine zugestehen, unter den Begleitern und Zufälligen beliebige; die Bestandeshalten aber müßten, wie schon in ihrem Begriff liegt, in der von ihnen bevorzugten Assoziation regelmäßiger anzutreffen, d. h. konstanter sein als in den übrigen. So scheint sich z. B. *Phyteuma spicatum* in Ostpreußen gegen den Weißbuchenwald zu verhalten, in dem es als *K* 4 zu finden ist, während ihm gemischte Laubwälder, die ich kennen lernte, nur die geringste Konstanz (*K* 1) ermöglichten. Indessen gehören zur Prüfung gerade von Treuefragen viele Aufnahmen aus verschiedenen Gebieten. (Vielleicht kann hierbei auch den „soziologischen Stellvertretern“ Bedeutung zukommen, verwandten Arten von gleicher (zu untersuchender) Ökologie und einander ausschließender Verbreitung, die in derselben Gesellschaft dieselbe Rolle spielen. Das könnte z. B. bei dem östlichen *Galium Schultesii* und dem westlichen *G. silvaticum* der Fall sein. Jedoch ist diese Angelegenheit noch nicht spruchreif.)

Was in den letzten Erörterungen an Merkmalen für den Umfang einer Assoziation angeführt wurde²¹⁾, läßt unseren drei Beispielen den ihnen anfangs nur willkürlich zugeschriebenen systematischen Rang. Nicht für alle Formationen wird sich vielleicht die doppelte Unterteilung in Assoziationsgruppen und Assoziationen nötig erweisen. Daß sie aber nicht *allein* auf die bisher behandelten Fälle anwendbar ist, soll uns ein kurzer Überblick über andere Waldgesellschaften zeigen, die ich auf meiner Reise quantitativ aufnehmen konnte.

Beginnen wir mit derjenigen Baumart, die

¹⁷⁾ Ungefähr so bei *Ilvessalo* in Acta forest. Fenn. 20 (1922).

¹⁸⁾ Z. B. in Acta forest. Fenn. 1 (1909). — *Cajander* und *Ilvessalo* in Acta forest. Fenn. 20 (1922).

¹⁹⁾ Prozente der Aufnahmefläche, die die Individuen einer Art bedecken.

²⁰⁾ Vgl. *Du Rietz* a. a. O.

²¹⁾ Gleiche floristische und zahlenmäßige Zusammensetzung und Vorkommen von Charakterarten.

ungefähr da, wo die Buche halt macht, mit einer weiten und für das Vegetationsbild wichtigen Verbreitung in östlicher Richtung beginnt, der *Fichte*²²⁾. Die Bestände in Ostpreußen, die von ihr beherrscht werden, sind von denen des Mittelgebirges und der Zentralalpen *floristisch* durchaus verschieden; es sind gut getrennte Assoziationen, die derselben Gruppe angehören.

Vergleichbare Vorkommnisse fehlen in der Mark; deshalb muß ich mich auf eine Darstellung der von mir angetroffenen Beispiele beschränken. Reinen Fichtenwald bekam ich nur selten zu sehen. Wie mir scheint, ist diese Ausbildung dort nur durch menschlichen Eingriff möglich; denn überall, wo natürliche Verjüngung unter *Picea* zu finden war, handelte es sich um irgendwie gemischte Baumbestände. Auf trockenem Boden pflegte eine schwach entwickelte Niederstrauchschicht aus Himbeeren und jungen Ebereschen aufzutreten. Im Unterwuchs herrschten an Menge das Gras *Calamagrostis arundinacea*, Sauerklee und Schattenblümchen vor. Die wenigen übrigen Arten folgten erst in weitem Abstand; unter ihnen ist der „Buchenfarn“ (*Dryopteris Linnaei*) hervorzuheben, der reichlich Sporen bildete²³⁾.

Weit häufiger sind Mischbestände mit Laubgehölzen. Diese gehören landschaftlich zu den schönsten Waldbildern. Bisweilen mischen sich Laub- und Nadelbaumanteil horstweise, so daß ein „Assoziationskomplex“²⁴⁾ zustande kommt, der aus kleinen Stücken einer Form des *Picetums* und einer des gemischten Laubwaldes mosaikartig zusammengesetzt ist. In jedem Fichtenfleck sieht man dann die durch obige Gras- und Farnarten ausgezeichnete Feldschicht, über der Hochsträucher gänzlich fehlen, in jedem Laubwaldstückchen Haselnuß- und Lindengesträuch und darunter viele der eingangs ausführlich aufgezählten Stauden und Kräuter.

Aber auch ausgeglichene Assoziationen kommen vor, in denen die Bäume und ihre Schützlinge sich bunt durcheinander mischen. So ist es in den urwaldartigen Stückchen, die einige tiefe Schluchten der Borker Heide (Kreis Goldap) erfüllen. Hellgrüne Farnwedel überschatten den schwarzen Bach im Grunde und steigen zwischen den gestürzten, liegen bleibenden Stämmen auch an den Abhängen hinauf, wo eine stattliche Zahl von Blütenpflanzen, darunter Schönheiten unserer Waldflora wie *Dentaria bulbifera*, *Platanthera bifolia* und *Phyteuma spicatum*, sich mit ihnen mischt. Auch niedere und hohe Sträucher gedeihen trotz der dichten Baumkronen, die ein buntes Durcheinander großer Pappeln, Fichten, Weißbuchen, Birken, Linden, Eschen, Eichen, Rüstern, Ahorne und Ebereschen der Sonne entgegenreckt.

²²⁾ Ihre relative Westgrenze beschreibt Abromeit in *Höck*, Nadelwaldflora, Stuttgart 1893.

²³⁾ Auch von dieser und allen übrigen angeführten Assoziationen habe ich quantitative Aufnahmen gemacht; die Listen konnten jedoch hier nicht gedruckt werden.

²⁴⁾ Vgl. Du Rietz a. a. O. und Wangerin a. a. O.

Wenn man von unten her die Steilhänge überblickt, die bald tiefdunkle modernde Baumstümpfe, bald im Sonnenstrahl leuchtende grüne Farnwedel und Moospolster und dicht daneben im Dämmerlicht zartes Laub des Buchenfarns und noch zartere Blüten des Hexenkrauts (*Circaea lutetiana*) zeigen, dann erlebt man einen prachtvollen Eindruck von Freiheit und Natürlichkeit.

Ähnlich in der Durchmischung der Arten in den einzelnen Schichten verhalten sich gemischte Laubwälder, in denen die Fichte fehlt. Ihre Baumanteile sind sehr wechselvoll, während der Unterwuchs, namentlich die Bodendecke, in allen ziemlich ähnlich ist und sich oft nur um Arten von ganz geringer Assoziationstreue unterscheidet. Erst ein umfangreicheres Material wird die systematische Bewertung dieser unauffälligen Merkmale passend gestalten. Ziemlich viele Unterassoziationen dürften sich zu einigen schwach geschiedenen Assoziationen zusammenfügen, die alle einer dem allgemeinen *Fagetum*, *Carpinetum* usw. gleichberechtigt nebenuordnenden Assoziationsgruppe der stark gemischten Laubwälder angehören müßten. „Stark“ gemischt wären solche Bestände, in denen nicht das Übergewicht einer Baumart an Menge eine durch sie schon charakterisierte Assoziation hervorruft. —

In ihren Bodenansprüchen ganz anders als die Mehrzahl der bisher behandelten Gesellschaften verhalten sich diejenigen, die zu der *Kiefer* in Beziehung stehen. Trotzdem kommen Durchmischungen zwischen ihnen vor, wo trockener, wenig bindiger Sand den Wettbewerb der Kiefer ermöglicht. Bei Stabigotten südlich Allenstein bekam ich einen derartigen Wald zu Gesicht, dessen Mischung außerordentlich reich, aber doch gleichmäßig war. Eiche, Weißbuche, Kiefer und Fichte traten etwa in gleicher Menge zusammen, die Birke war hin und wieder eingesprengt. Wacholder, Haselnuß und der Nachwuchs der Laubbäume versperrten den Durchblick. Am Boden gediehen zwischen ihnen eine Anzahl in Kiefern- und Fichtenwäldern anzutreffender Arten und Laubwaldvertreter, die hinter diesen nicht zurückstanden. *Lathyrus vernus* nahm es z. B. an Konstanz mit der Blaubeere auf.

Derartige Pflanzenvereine fügen sich schlecht in das System ein; man muß ihnen schon unter den *Formationen* eine Sonderstellung einräumen. Diese Tatsache zeigt wieder, daß die Mehrzahl der Bürger keine große Treue gegen eine Assoziation besitzt, sondern Standortbedürfnissen stärker folgt. Dafür sollen eben die *Vegetationstypen* ein Ausdruck sein. —

Wenn die Kiefer zur beherrschenden Baumart wird, haben wir es wieder mit einer den früheren gleichwertigen Assoziationsgruppe zu tun. Deren wichtigste Assoziation ist der Wacholderkiefernwald, der sich außer in Ostpreußen auch in Pommern und der Mark, sicherlich auch noch weiter im Flachland verbreitet findet. Gesund und kräftig sieht ein Bestand aus, den diese oft über-

mannshohen, dunkelgrünen Bäumchen in allen Wuchsformen und Altersstufen durchsetzen. Gar keine Ähnlichkeit herrscht auch im Unterwuchs mit den „Savannenwäldern“, die unsere Forsten vielfach darstellen. Moose sind häufig, darunter das zierliche *Hypnum crista castrensis*. Große Beete von Bärlapp-Pflanzen²⁵⁾ in der vollen Pracht ihrer Sporangienröhren bedecken stellenweise den Boden; *Lycopodium clavatum*, *annottinum* und *complanatum* kommen vor. Auch *Linnaea borealis* fehlt nicht, und die schöne, dieser Assoziation holde *Pirola umbellata* macht im Verein mit dem Heidekraut die Geschlossenheit der Gesellschaft noch deutlicher. Als floristische Zierden kommen *Anemone patens* und *vernalis* hinzu.

Gerade im Kiefernwald sind menschliche Eingriffe sehr stark. So entsteht, wenn der Wacholder vernichtet wird, eine Gesellschaftsform, die von *Calluna vulgaris* weitaus beherrscht wird; im Herbst ein prächtiger Anblick. In der Johannisburger Heide sah man z. B. weit und breit nur das Farbenmeer der Heidekrautblüten, in dem alle anderen Gewächse untertauchten.

Wo aber im Mischwald durch die Kultur den Kiefern das Übergipfeln der Weißbuchen usw. ermöglicht wird, da entsteht ein seltsames Gehölz: halbhohe Laubbäume unter hochstämmigen Kiefern. In sehr weitgehender Übereinstimmung kann man diesen Verein in Ostpreußen, Pommern und der Mark wahrnehmen.

Auch zu dichter Schluß soll oft öde, und zwar flechtenreiche Bestände hervorrufen. Bei Neidenburg gewährte ich jedoch auf den bis 200 m ü. M. ansteigenden, trocken sandigen Moränenhöhen ein *Pinetum* mit gut entwickelten Bäumen, das ebenfalls einen Flechtenteppich besaß. Dort könnte wohl eine große Trockenheit der „ökologische Grenzwert“ sein²⁶⁾. An gewölbten Stellen bildete hierin die Bärentraube, *Arctostaphylos uva ursi*, mit ihren kriechenden Stämmchen große Lager.

An den Abhängen dieser Hügelrücken wuchs eine neue Gesellschaft, die man als weitere Assoziation der *Pinetum*-Gruppe wird ansprechen dürfen. Die Bodentrockenheit läßt nur eine lückenreiche Pflanzendecke aufkommen, in der *Sedum maximum*, *Peucedanum oreoselinum*, *Dianthus arenarius* und *Cytisus ratisbonensis* Kennpflanzen für den „Grenzwert“ sind. Die Lücken füllen die abgefallenen Kiefernadeln, und daher treten eine Anzahl bezeichnender Rohhumusbewohner auf: der Fichtenspargel (*Monotropa hypopitys*) und die Wintergrünarten *Pirola secunda*, *minor*, *chlorantha*; auch *umbellata* fehlt nicht ganz.

Nur eine Auswahl meiner Beobachtungen habe ich hier geboten; sie sollen nur Richtlinien für eigene weitere Arbeit auf diesem Gebiet liefern.

²⁵⁾ Lycopodium.

²⁶⁾ Entspricht etwa dem in der englisch-amerikanischen Literatur häufigen Ausdruck „controlling agent“.

Besprechungen.

Richardson, Lewis F., *Weather Prediction by Numerical Process*. Cambridge, University Press, 1922. XIII, 236 S. 23 × 30 cm. Preis 30 sh.

Das vorliegende Werk enthält den Versuch, das kommende Wetter mit Hilfe der Gleichungen der theoretischen Physik und Meteorologie vorzuberechnen. Infolge der bekannten Unmöglichkeit, die Differentialgleichungen der Dynamik und Wärmelehre allgemein zu integrieren, hat Richardson sich damit begnügt, die Differentialbeziehungen auf endliche Zeitintervalle anzuwenden. Dieser Umstand beschränkt den Versuch der Vorausberechnung naturgemäß auf wenige Stunden, ist also praktisch zunächst kaum von Bedeutung, da die Berechnungen mehr Zeit erfordern, als bei einer Prognose auf so kurze Zeit zur Verfügung steht.

Wenn der Arbeit daher voraussichtlich auch keine unmittelbare praktische Bedeutung zukommt, so ist sie doch in theoretischer Beziehung interessant und wertvoll. Denn abgesehen von einem viel einfacheren Versuch in dieser Richtung, den der Referent im Jahre 1906 ausgeführt hat (vgl. Meteorol. Zeitschrift, Februarheft 1908), ist dies der erste Versuch zu einer exakt analytischen Lösung des Hauptproblems der Meteorologie.

Dem Referenten ist es nicht wahrscheinlich, daß man jemals auf dem angegebenen Wege einen wesentlichen Fortschritt in der Wettervorhersage erzielen wird. Hierzu sind die Vorgänge im Luftmeer zu kompliziert und von zu vielen Details belastet. Die theoretische Physik hat sich an Vorgängen in kleinen Dimensionen herangebildet, und es ist zu erwarten, daß für die Erscheinungen im großen allmählich andere theoretische Grundlagen gefunden werden müssen, die all die unendlichen Details ausschließen. Trotzdem ist die Arbeit von Richardson gewiß nicht vergebens geleistet worden. Es wird jeder einzelne vom Autor behandelte Einfluß auf das Wetter an der Hand von dessen theoretischen Überlegungen für sich studiert werden können, was zweifellos noch nötig ist, wenn diese verschiedenen Vorgänge näher erfaßt und in ihrer Bedeutung für das kommende Wetter gegeneinander abgeschätzt werden sollen.

Richardson konnte seine Theorie nur an einem Beispiel prüfen, und diese einzelne Prognose — auf bloß 6 Stunden — ist nicht zufriedenstellend ausgefallen. Dieser Fehlschlag nimmt nicht Wunder; wenn die theoretischen Grundlagen auch vollständig durchgearbeitet wären, so würden uns heutzutage doch noch die Beobachtungen fehlen, die als bekannter Anfangszustand in die Gleichungen einzuführen wären. Selbst für den Raum von Mittel- und Westeuropa, der gegenüber der ganzen Erdoberfläche recht beschränkt ist, sind die Beobachtungen, namentlich jene aus der Höhe, viel zu spärlich, um wirklich sichere Grundlagen für die Berechnung der Veränderungen zu liefern. Stand doch in dem möglichst günstig gewählten Beispiel vom 20. Mai 1910 nur eine kleine Zahl von Stationen mit Beobachtungen aus der Stratosphäre, dem oberen Teil der Atmosphäre, zur Verfügung. Durch die Bildung von horizontalen Gradientenwerten für die meteorologischen Elemente auf endliche Entfernungen verkleinert sich bei jedem Schritt in der Zeitintegration der besetzte Flächenraum, so daß sich das geographische Gebiet der Voraussage bei der angewandten Methode um so mehr einschränkt, auf je längere Zeit die Vorausberechnung ausgedehnt wird. Eine Ausnahme hiervon käme nur in dem Fall zustande, daß der Anfangszustand auf der geschlossenen Erdkugel gegeben wäre.

Nach einer kurzen Übersicht wird im 2. Kapitel ein einfaches Beispiel besprochen und die Frage der

Fehler von endlichen Differenzen in Differentialgleichungen diskutiert. Im nächsten Kapitel wird die Atmosphäre nach solchen endlichen Differenzen geteilt, um diese Einteilung in den späteren analytischen Ausdrücken zu verwenden. Die Atmosphäre wird ihrer Dicke nach in 5 Schichten zerlegt, durch Flächen in der Höhe von 2,0, 4,2, 7,2 und 11,8 km. Die Erdoberfläche (Europa) wird geteilt durch Breitenkreise, die 200 km, durch Längengrade, die in 63° Breite etwa 142 km voneinander abstehen. Es kommt dann auf rund 30 000 km² je ein Wert der meteorologischen Elemente. Das gewählte Zeitintervall beträgt, wie schon erwähnt, 6 Stunden.

4. Kapitel. An Veränderlichen werden berücksichtigt: die Luftbewegung, die Dichte, der Wassergehalt, die Temperatur und der Druck der Luft, alle als Funktionen von Ort und Zeit. An analytischen Differentialgleichungen stehen zur Verfügung: die Bewegungsgleichungen (mit Einschuß der inneren Reibung, Turbulenz), die Kontinuitätsgleichung der Massenbewegung, eine analoge für den Wassergehalt, eine thermodynamische Gleichung für die Temperaturänderung (mit Einschuß der Strahlung) und die Gasgleichung.

Es ist hier natürlich ganz ausgeschlossen, auf die näheren Beziehungen einzugehen; es sei nur einiges hervorgehoben; so die Abschätzung der einzelnen Glieder in den Gleichungen, was ihre Größe anlangt, eine, soviel dem Referenten bekannt ist, neue Behandlung der Kontinuität der Wassermassen nach Art jener der Luftmassen, die schichtenweise Berechnung des Wassergehaltes, die Dynamik der Bewegungen, wo an Stelle der Geschwindigkeit meist das Moment (Geschwindigkeit mal Dichte) benützt wird. Es folgt eine Behandlung der Energie, der Entropie bei den verschiedenen Kondensationsstadien (potentielle Temperatur), des Wärmetransportes, der Strahlungsverhältnisse von Luft, Erde und Sonne, der Turbulenz in ihrem Einfluß auf Wärmetransport (Austausch), der Oberflächenreibung, der Verdunstung, ferner ein merkwürdiger Abschnitt über die „Heterogenität“ der meteorologischen Elemente, womit die fortwährende Veränderlichkeit (Pulsationen) in kleinem Maßstab gemeint ist, und die Vereinfachung der Gleichungen, um solche kleinen Erscheinungen aus ihnen auszuschließen. Schließlich enthält das vierte Kapitel noch eine Behandlung der Erdoberfläche, des festen Bodens wie des Meeres, ja selbst des Verhaltens des Wassers im festen Boden, um den Kreislauf des Wassers zu verfolgen; dazu noch die Rolle der Vegetation für die Atmosphäre. Man sieht, es wäre hier ein Lehrbuch der theoretischen Meteorologie geschaffen worden, wenn nicht alles auf die Frage der Prognose zugeschnitten wäre.

Das 5. Kapitel ist der wichtigen Frage nach der Vertikalbewegung der Luft gewidmet, die ja nicht direkt beobachtet wird. Für sie wird eine verwickelte Gleichung abgeleitet, die aus der Kontinuität der Massenbewegung hervorgeht, und an einfachen Beispielen erläutert.

Im 6. Kapitel wird die Stratosphäre gesondert behandelt, da diese sich bis etwa 40 km erstreckt, also viel dicker ist als die anderen Schichten. Hier werden Integrationen durchgeführt, so weit dies möglich ist.

Das 7. Kapitel enthält die Vorarbeiten zur Anwendung der gefundenen Gleichungen, die Festsetzung der Beobachtungspunkte und -zeiten für die Bildung der Differenzenquotienten, das 8. die Arbeitseinteilung zur Auswertung der Gleichungen und verschiedene Nachträge zur Theorie.

Im 9. Kapitel wird das schon oben erwähnte Bei-

spiel berechnet. Es sind Tabellen für die verschiedenen physikalischen Vorgänge angelegt, aus denen die berechneten Werte zusammengestellt werden.

Nach einem kurzen 10. Kapitel enthält das 11. u. a. ein interessantes Ergebnis über die zu einer derartigen Voraussage nötige Genauigkeit der Beobachtungen. Der Verfasser verlangt die Windstärken auf Zehntel m/sec genau beobachtet. Weiter gibt er einen phantastischen Plan, wie solche Voraussagen in der Praxis durchgeführt werden müßten. „Man stelle sich eine große Halle vor, wie ein Theater . . . Die Wände sind gemalt, so daß sie eine Erdkarte darstellen . . . Eine Myriade von Rechnern arbeitet über das Wetter an jenem Orte, wo jeder sitzt, aber jeder Rechner befaßt sich nur mit einer Gleichung . . . In der Mitte . . . auf einem hohen Sockel sitzt der Leiter des ganzen Theaters . . .“ usw.

Das letzte Kapitel bringt u. a. eine Liste der gebrauchten Symbole. Leider enthalten die analytischen Darstellungen Zeichen von ganz ungewohnter Form, außer griechischen findet man hebräische (!) Buchstaben, aber auch Zeichen eigener Erfindung, für die es keine Namen gibt, was die Lektüre äußerst erschwert. Daß die Bezeichnungen nicht nur in englischer Sprache, sondern auch in Ido erklärt sind, sei der Kuriosität halber hinzugefügt.

Die vorliegende Übersicht kann das Buch in keiner Weise ersetzen. Es wird nur allmählich gelingen, die neuen Gedanken aus dem Werk herauszuschälen, da die Lektüre nicht nur schwierig ist, sondern das Buch auch zu viel heterogenes Material enthält, um zu befriedigen. Der Verfasser hätte nach Ansicht des Referenten der Meteorologie einen besseren Dienst geleistet, wenn er seine sehr gründlichen Studien der Einzelercheinungen unabhängig nebeneinander gestellt hätte. Ein sehr wertvolles theoretisches Werk wäre daraus hervorgegangen, während es wenige Leser geben wird, die das Buch in seiner jetzigen Form durchstudieren werden. Dazu trägt es zu sehr den Stempel der persönlichen Absicht; wer von vornherein überzeugt ist — und das wird bei der Mehrzahl der Meteorologen der Fall sein — daß der von Richardson eingeschlagene Weg zur Wettervorhersage wenn nicht verfehlt, so doch gewiß sehr verfrüht ist, der wird die Geduld zum Studium des Werkes kaum aufbringen.

Es wäre daher sehr zu empfehlen, daß der Verfasser entweder das Neue in seinen Berechnungen in einzelnen Schriften allgemein bekannt macht, oder — noch besser — eine theoretische Meteorologie herausgibt, die von der Absicht einer unmittelbaren Anwendung auf die Prognose frei ist.

F. M. Langer, Wien.

Freundlich, Herbert, Kapillarchemie. Eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete.

Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1922. XV, 1181 S., 157 Figuren im Text und auf Tafeln und 192 Tabellen im Text. 15 × 23 cm.

Die erste Auflage von Freundlichs Kapillarchemie erschien vor vierzehn Jahren. Es hatte sich damals das Bedürfnis nach systematischer Ordnung der älteren und der im Anschluß an die Ausgestaltung des Ultramikroskops neu hinzugekommenen Tatsachen so verdichtet, daß es in demselben Jahre, 1909, gleich in drei größeren Werken sozusagen zur Explosion gelangte: neben Freundlichs Kapillarchemie erschien der Grundriß der Kolloidchemie von Wolfgang Ostwald und die Methoden zur Darstellung kolloider Lösungen von The Svedberg. Ihnen gesellte sich kurz darauf das Lehrbuch der Kolloidchemie von Zsigmondy, der doch noch

im Jahre 1905 in seiner Schrift „Zur Erkenntnis der Kolloide“ geäußert hatte, „daß wir bei der Erorschung der Kolloide vor einer großen, umfangreichen Wissenschaft stehen, zu deren Aufbau bis jetzt kaum die ersten Anfänge vorliegen“.

Es wäre eine reizvolle Aufgabe, die Werke, insbesondere der drei deutschen Forscher, unter dem Gesichtspunkte zu vergleichen, wie sich da dasselbe Stück Welt, gesehen durch ein anderes Temperament, so ganz anders darstellt. *Wilhelm Ostwald* würde hier einen hübschen Beleg für die Brauchbarkeit seines Einteilungsprinzips finden, wenn er den vorsichtig abwägenden „Klassiker“ *Zsigmondy* den „Romantikern“ gegenüberstellen würde, dem mit suggestiver Begeisterung vorstürmenden *Wolfgang Ostwald* und dem die ganze sicht- und unsichtbare Welt in das Bereich seiner Betrachtung zwingenden *Freundlich*.

*Freundlich*s Werk liegt jetzt in zweiter, mit bewundernswerter Energie nahezu völlig neugestalteter und auf den doppelten Umfang der früheren gebrachten Auflage vor. Ihm ist die Kolloidchemie ein Teil eines größeren Gebietes, das er mit dem von ihm selbst als nicht ganz glücklich empfundenen Namen Kapillarchemie bezeichnet. Gemeint ist etwa „Grenzflächenchemie“. Denn bei den kolloiddispersen Systemen ist es die außerordentliche Größe der Grenzfläche zwischen zwei Phasen, welche den in die Erscheinung tretenden physikalischen und chemischen Vorgängen ihren besonderen Charakter verleiht. Der Verfasser erblickt somit einen wesentlichen Teil seiner Aufgabe darin, in einer grundlegenden Erörterung die Erscheinungen an größeren, *einheitlichen*, wenig gekrümmten Grenzflächen zu behandeln. Diese Erörterung, bei deren Grenzabsteckung Meisterschaft nicht gerade in der Beschränkung zu betätigen versucht wird, nimmt mehr als die Hälfte des Werkes, in der neuen Auflage etwa 500 Seiten, ein. Behandelt werden nacheinander die Grenzflächen flüssig-gasförmig, flüssig-flüssig, fest-gasförmig und fest-flüssig. Sodann die kapillarelektrischen Erscheinungen und anschließend die Ergebnisse von Theorie und Experiment über die Dicke und den Feinbau der Oberflächenschicht.

Wenn der Verfasser bis dahin die ungeheure Fülle des neu gewonnenen Materials in ein Fachwerk einfügen konnte, das dem der ersten Auflage bis auf die erheblich vergrößerten Dimensionen entspricht, sieht er sich im weiteren veranlaßt, in einem neu angefügten Teil die Vorgänge bei der Entstehung neuer Phasen, insbesondere die Kristallisationsgeschwindigkeit und ihre Beeinflussung zu behandeln. Endlich wird die *Brownsche* Molekularbewegung — entsprechend den neuen, bedeutungsvollen Erkenntnissen, die sich hier haben gewinnen lassen — als besonderer Abschnitt am den Schluß des grundlegenden Teils gesetzt.

In der eigentlichen Kolloidchemie werden entgegen der Anordnung in der früheren Auflage die kolloiden Lösungen entsprechend ihrer Bedeutung an die erste Stelle gerückt und nacheinander die Sole und die Gele behandelt. An die Stelle der Einteilung der Sole in Suspensionskolloide und Emulsionskolloide, die auf *Wolfgang Ostwald* zurückgeht, gegen die der Verfasser aber Bedenken vorbringt, ist jetzt die in lyophobe und lyophile Sole getreten, bzw., da es sich meist um wässrige Lösungen handelt, in hydrophobe und hydrophile. Aber auch diese Einteilung, deren Prinzip sich schon nicht recht scharf fassen läßt, entspricht nicht einer natürlichen Differenzierung. Und da auch *Zsigmondys* Unterscheidung in reversible und irreversible Sole nicht den Anspruch auf allgemeine Durchführbarkeit

erhebt, so bleibt die Frage nach einem die Tatsachen einwandfrei gliedernden Einteilungsprinzip offen. Dem Referenten will scheinen, daß die elektrischen Eigenschaften bei genügend erweiterter Kenntnis auch der nichtwässrigen Lösungen ein solches Prinzip liefern könnten. *Freundlich*, der darauf hinweist, schlägt dafür die Namen elektrokristische und nicht-elektrokristische Sole vor. Immerhin erweist sich die Einteilung in hydrophobe und hydrophile Sole als zweckmäßig für eine übersichtliche Darstellung des Tatsachenmaterials. Auch am Eingange des folgenden Abschnitts, über die Gele, zeigt sich, daß die Definitionen der Kolloidchemie öfter etwas von dem scharf umrissenen Gestaltung abholden Charakter der zu beschreibenden Gebilde haben. Man stößt nach *Freundlich* auf erhebliche Schwierigkeiten, wenn man ein Gel eindeutig kennzeichnen will. Sie werden als mehrphasige Gebilde aufgefaßt, und zwar wie bei den Solen mit der Flüssigkeit als Dispersionsmittel, dessen Menge aber eben nur ausreicht, um mit feinen Häuten die Mizellen voneinander zu trennen.

An die kolloiden Lösungen schließen sich die Nebel und Rauche, sodann die Schäume, endlich die dispersen Gebilde mit festem Dispersionsmittel, wie Rubingläser, gefärbte Salze usw.

*Freundlich*s Werk ist das Ergebnis einer wahrhaft imponierenden Hingebung an den Gegenstand seiner Darstellung. Eine ungeheure Literatur aus den verschiedensten Forschungsgebieten ist herangezogen und zu zwanglos erscheinender Form assimiliert worden. Es wäre leicht, eine Fülle von Beispielen aus den anorganischen und organischen Naturwissenschaften und der Technik herauszugreifen, um die Vielseitigkeit des Angezogenen zu zeigen; der Versuch des Referenten, ein Gebiet zu finden, dem die Kolloidchemie nach *Freundlich* nichts zu bieten hätte, mußte als vergeblich aufgegeben werden.

Dabei aber sei betont, daß das Gewicht des Tatsachenmaterials die Form des Werkes nicht verunstaltet hat. Wer es als Nachschlagebuch in die Hand nimmt, dem wird es zum Lesebuch — denn wo man's packt, da ist es interessant. Und wenn der Referent besonders fesselnde Kapitel hervorheben wollte, etwa die Gegenüberstellung der thermodynamischen und der molekular-kinetischen Auffassung bei der Theorie der Adsorption, die Erörterung der Adsorptionskatalyse oder das ganze Kapitel über die kapillarelektrischen Erscheinungen, so würde ein in anderer Richtung Interessierter andere Kapitel als besonders gelungen bezeichnen. Nicht verabsäumt werden soll die Erwähnung der Offenheit, mit der der Verfasser Behauptungen aus der ersten Auflage, wenn sie ihm nicht mehr berechtigt erscheinen, zurücknimmt, so wenn er bemerkt, daß die Vereinigung von Strahlen, Tropfen und Blasen unter dem Einfluß elektrischer Kräfte nicht die früher von ihm angenommene Bedeutung für die Koagulation der Kolloide besitzt. Oder auch die Objektivität, mit der in Fällen, wo zwischen zwei Theorien zur Zeit der Abfassung des Buches eine Entscheidung noch nicht möglich erschien, beide vorgetragen werden, wie gelegentlich der Frage, ob bei der Adsorption von Gasen an festen Stoffen die Adsorptionsschicht aus einer (*Langmuir*) oder aus mehreren (*Polanyi*) Molekellagen besteht.

In einer Sammlung von Dokumenten, die zeigen sollte, wie in dieser harten Zeit in Deutschland wissenschaftlich gearbeitet wird, darf *Freundlich*s Kapillarchemie einen ehrenvollen Platz beanspruchen.

Alfred Coehn, Göttingen.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaften

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 15. (Seite 277—292.)

13. April 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Bedeutung der Schoenflieschen, mathematischen Untersuchungen für die Kristallographie. Von **Paul Niggli**, Zürich. S. 277.

Arthur Schoenflies als Mathematiker. Von **L. Bieberbach**, Berlin. S. 282.

Über die Entdeckung eines neuen riesigen Säugtiers im unteren Miozän Asiens. Von **Othenio Abel**, Wien. (Mit 1 Abbildung.) S. 284.

Die ersten akustischen Tiefseelötungen. Von **Georg Wüst**, Berlin. (Mit 1 Abbildung.) S. 286.

Besprechungen:

Hinneberg, Paul, Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. III. Teil, 5. Abteilung. Anthropologie. Von **O. Hauser**, Berlin. S. 288.

Hulth, J. M., Bref och skrivelser af och till

Carl von Linné. Von **Fr. Markgraf**, Berlin-Dahlem. S. 290.

Hagen, Werner, Die deutsche Vogelwelt nach ihrem Standort. Von **Fritz Braun**, Danzig-Langfuhr. S. 291.

Mohs, Karl, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiete der Müllerei und Bäckerei. Von **C. Brahm**, Berlin. S. 291.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Erdrotation und tektonische Bewegungen der Erdkruste. Von **O. Baschin**, Berlin. S. 292.

Astronomische Mitteilungen. S. 292.

Die Verteilung der Sterne verschiedener Spektraltypen in der Milchstraße. Wasserstoff-Emissionslinien in B-Spektren.

ZEISS Fernrohr-Lupen



werden als monokulare oder binokulare Lupen geliefert. Der Beobachtungsabstand ist bedeutend größer als bei einfachen Lupen mit gleicher Vergrößerung. Vorsatzlinsen gestatten die Wahl einer beliebigen Vergrößerung bis zu 30 fach.

Wir liefern auch viele andere für naturwissenschaftliche Zwecke erforderliche Instrumente, wie Mikroskope, Einschlaglupen usw.

Druckschriften und
Auskunft durch:

CARL ZEISS, JENA

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte, auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für April 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kuifürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Hermann Meusser

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

hält die gesamt. naturwissenschaftliche Literatur auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preiswert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter
Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

Soeben erschien:

Seriengesetze der Linienspektren

Gesammelt von **F. Paschen** und **R. Götze**

(IV, 154 Seiten, Format 16 × 24 cm)

Gebunden G. Z. 11

Die in letzter Zeit gesteigerte und schon lange nicht mehr zu befriedigende Nachfrage nach der Dissertation von B. Dunz, Tübingen 1911 hat den Verfasser veranlaßt, die Seriensammlung von Dunz zu vervollständigen und umzuarbeiten. An der Zusammenstellung ist außer F. Frommel (Tübinger handschriftliche Dissertation 1921) besonders R. Götze beteiligt. Die Vervollständigung bezieht sich hauptsächlich auf die seit 1911 bekannt gewordenen Gesetzmäßigkeiten, die Umarbeitung auf eine bessere Anpassung an heutige theoretische Gesichtspunkte. Das Beobachtungsmaterial ist meistens noch das frühere (Wellenlängen nach Rowlands Einheiten). Den Tabellen geht eine Einleitung voran, die einiges aus der praktischen Serienforschung zusammenstellt, das, was dem Verfasser als ihre elementarste Grundlage erscheint.

Inhaltsverzeichnis. Einleitung (Paschen): I. Allgemeine Serienanordnung. II. Differenzierung der Terme. III. Wie findet man eine Serie und ihre Grenze? IV. Die Quantenbeziehungen der Spektralgesetze. — **Die Serienspektren:** Serienformel des Wasserstoffes und des ionisierten Heliums / Wasserstoff / Helium, Funkenspektrum / Helium, Bogenspektrum / Neon / Argon / Lithium / Natrium / Kalium / Rubidium / Caesium / Kupfer / Silber / Beryllium / Kalzium / Strontium / Barium / Radium / Magnesium / Zink / Cadmium / Quecksilber / Kohlenstoff, Bor. / Aluminium / Skandium / Yttrium / Lanthan / Neoytterbium / Gallium / Indium / Thallium / Silizium / Sauerstoff / Schwefel / Selen / Mangan / Zusammenstellung der s-Terme der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $ms-(m+1)s$ der Bogenspektren / Tabelle der Terme mp der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $mp-(m+1)p$ der Bogenspektren / Tabelle der Terme md der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $md-(m+1)d$ der Bogenspektren / Werte $109737,1/(m+a)^2$ und der Differenzen / Tabelle der Terme mf der Bogenspektren / Die experimentell festgelegten Zeemantypen der Serienlinien.

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Bedeutung der Schoenfliesschen mathematischen Untersuchungen für die Kristallographie.

Von Paul Niggli, Zürich.

Vor zweiunddreißig Jahren erschien ein Buch „Krystallsysteme und Krystallstruktur“, das nicht unmittelbar, sondern erst nach zwanzig Jahren seine größten Triumphe feiern sollte. Gibt es für den auf theoretischem Gebiet tätigen Forscher und den Mathematiker im besonderen eine größere Genugtuung als diese, in vorausblickender Weise ein Problem behandelt und durch gewissenhafte Untersuchung zu Ende geführt zu haben, dessen Wichtigkeit nicht sofort, aber doch noch zu Lebzeiten des Forschers allseitig anerkannt wird? Hätte A. Schoenflies 1891 der wissenschaftlichen Welt nicht seine in jeder Hinsicht vorbildlichen Untersuchungen geschenkt, so hätten zwanzig Jahre später, gezwungen durch experimentelle Ergebnisse (siehe Heft 16 „Die Naturwissenschaften“, 1922), Mathematiker und Kristallographen genau die gleiche Theorie ausarbeiten müssen. Die Bedeutung der mathematischen Methode für die Naturwissenschaft kann nicht eindringlicher in Erscheinung treten als durch die Tatsache, daß sie in den Händen hochbegabter Forscher zu einem Werkzeug wird, das, folgerichtig angewandt, Beziehungen und Zusammenhänge zu finden gestattet, die durch wissenschaftliche Ergebnisse in späteren Epochen bestätigt werden.

Das Buch „Krystallsysteme und Krystallstruktur“ von A. Schoenflies enthält für den Kristallographen eine Fülle neuer Erkenntnisse und neuer Einblicke in Zusammenhänge. Sein Hauptgewicht indessen liegt in der (mit E. v. Fedorows gleichzeitigen) ersten vollständigen Theorie der Kristallstruktur. Ihr seien daher besonders diese Zeilen gewidmet, und es wird für ein Buch, das heute, nach zweiunddreißig Jahren, sozusagen tagtäglich in wichtigen experimentell-theoretischen Abhandlungen zitiert wird, keine Schmälerung bedeuten, wenn versucht wird, seine Aussagen und Ergebnisse historisch zu verstehen.

Für manche der Darlegungen in Th. L. Haeppel's neu erschienenem Buch „Philosophie der Naturwissenschaft“ bietet die Entwicklung der Kristallographie wertvolle Beispiele. Gerade zweihundert Jahre sind verflossen seit dem Erscheinen der ersten Schrift, die den Titel dieser Wissenschaft führt. 1723 gab der Arzt Moritz Anton Cappeller in Luzern den „Prodromus crystallographiae“¹⁾ heraus. Allein erst R. J. Haüy

¹⁾ Neu herausgegeben von K. Mieleitner, München 1922 als Moritz Anton Cappellers „Prodromus crystallographiae“. (Mit Übersetzung.)

(die hundertjährige Wiederkehr seines Sterbetages wurde 1922 gefeiert) fand auf Grund einer Annahme über die Struktur der Kristalle fundamentale Gesetzmäßigkeiten von mathematisch einfacher Form zwischen den die natürliche Kristallgestalt bedingenden Wachstumsflächen (*Rationalitätsgesetz*). Er erhob so die Kristallographie zur Wissenschaft.

Ist von da an das Gestaltliche natürlich gebildeter Kristalle in seiner Wechselhaftigkeit und seiner in der Mannigfaltigkeit vorhandenen Gesetzmäßigkeit die ständige Quelle für alle weiteren Forschungen gewesen, so mußte es dem Ziel jeder Wissenschaft entsprechend doch erst als verstanden gelten, wenn es sich als Folgerung und Einzelheit von umfassenderen Gesetzmäßigkeiten erwies. Das führte von selbst zu genaueren Untersuchungen der Kristalleigenschaften und der daraus ableitbaren Struktur. In dem genannten Buche definiert A. Schoenflies Kristalle folgendermaßen: „Ein Kristall ist ein homogener fester Körper, dessen physikalische Eigenschaften in verschiedenen Richtungen im allgemeinen verschieden sind und sich nach festen Symmetriegesetzen mit der Richtung ändern.“ Es ist die heute noch übliche Definition, und es bedeutet nur eine durch Hilfsbegriffe erzielbare Vereinfachung, wenn man sagt, „Kristalle sind homogene, gesetzmäßig anisotrope Körper“.

A. Bravais hatte vor nun genau fünfundsiebzig Jahren in der Abhandlung über die Systeme von regelmäßig auf einer Ebene oder im Raum verteilten Punkten (1848) vom Standpunkt der diskontinuierlichen Struktur der Materie versucht, die Theorie der Kristallstruktur als mathematische Theorie zu entwickeln. Er ging von der einen Grundeigenschaft der Kristalle, der *Homogenität* aus, die schon Haüy dazu führte, jeden Kristall aus gleichen, parallel aneinandergereihten Bausteinen bestehend zu erachten. Homogenität bedeutet ja folgendes: Untersuche ich, ausgehend von irgendeinem Punkt, das Verhalten in einer bestimmten Richtung, so muß es ununterscheidbar sein von demjenigen Verhalten, das ich finde, wenn ich von irgendeinem anderen Punkte in einer zur ersten *parallel gleichen* Richtung untersuche. Ist außerdem das Verhalten gesetzmäßig von der Richtung abhängig, so muß es in allen Punkten die gleiche gesetzmäßige Anisotropie aufweisen. Nun kann es aber sein, daß die Bezeichnung „in allen Punkten“ nur eine grobe Annäherung ist, bedingt durch die groben Untersuchungsmethoden, daß in Wirklichkeit zwischen den parallel gleiches Verhalten aufweisenden „Punkten“ andere liegen, die mit ihnen nicht identisch genannt werden dürfen. Dann müssen sich jedoch, soll die außer-

lich wahrnehmbare Homogenität gewährleistet sein, die Punkte mit parallel gleichem gesetzmäßigen Verhalten nach verschiedenen Richtungen in so kleinen Abständen wiederholen, daß die Zwischenräume als solche gar nicht erfaßt werden können. Schon die Hauysche Aufteilung der Kristalle in lückenlos aneinandergereihete kleinste Parallelepipede von der Gesamteigenschaft des ganzen Kristalls hatte davon Gebrauch gemacht. Offensichtlich entsprechen einander nur ähnlich gelegene Punkte dieser Parallelepipede, beispielsweise die Mittelpunkte, diese sind aber, wie Seeber, Delafosse und Bravais erkannten, in gleichen Abständen in geradlinigen Reihen angeordnet. Betrachtet man im Hinblick auf die diskontinuierliche Struktur der Materie diskrete Massenpunkte als das Wesentliche, so ergibt sich von selbst, um mit Bravais zu reden, die Aufgabe, „alle Punktanordnungen zu suchen, die derart beschaffen sind, daß sich um jeden zum Ausgang gewählten Punkt ähnlich gelegene Punkte mit gleichen Koordinaten finden, vorausgesetzt, daß beim Wechsel des Anfangspunktes die neuen Achsen ihre ursprüngliche Richtung bewahrt haben“. Bravais konnte durch seine Abhandlung, „die man als rein geometrische Spekulation betrachten kann“, zeigen, daß die Systeme derartig parallel gleich umgebener Punkte, die Raumgitter, verschiedene Symmetrieverhältnisse aufweisen können, die genau den Oberabteilungen (Kristallsystemen) der Kristallsymmetrie entsprechen. Er sieht „die polyedrische oder, wenn man will, die polyatomige Form der Molekeln“ (deren Schwerpunkt die Raumgitter bilden) als das an, was auch die niedrigeren, speziellen Symmetrieverhältnisse der einzelnen Klassen zur Folge hat. Er konnte dartun, daß das von Havy gefundene Rationalitätsgesetz implicite in der Raumgitterstruktur enthalten ist.

Bravais' Untersuchungen brachten den einen Teil der auf diskontinuierliche Struktur gegründeten Kristalltheorie völlig zum Abschluß. Weil die Kristalle homogene Körper sind, müssen sie immer eine Struktur aufweisen, derart, daß die sie aufbauenden Massenteilchen in parallel gleicher Lage sich wiederholen. Das bedeutet aber, wie Bravais dargetan hat, daß Raumgitterstruktur vorhanden sein muß. Es wäre nur noch möglich, daß die Homogenität eine rein statistische Erscheinung, wie bei Gasen und Flüssigkeiten, ist. Die Überlegung zeigt indessen, daß dann die gesetzmäßige Anisotropie fehlen müßte. So lag es nahe, ausgehend von der Bravais'schen Raumgitterlehre, das Problem weiter zu verfolgen, um auch das letzte Gestaltliche (der Molekeln) auf Anordnung zurückzuführen. Allein der Weg, der mit Schoenflies' Untersuchungen seinen Abschluß fand, entspricht wenigstens äußerlich einem anderen Vorgehen. Bravais beginnt seine Abhandlung folgendermaßen: „Um ein System von regelmäßig im Raum verteilten Punkten zu erhal-

ten, . . .“ Das ist die rein mathematische Fassung eines Problems, und in dieser Fassung ist ein Begriff „regelmäßig im Raum verteilte Punkte“ enthalten, der näherer Definition und Umgrenzung bedarf. Sind die von Bravais in Rücksicht auf die Homogenität der Kristalle bewußt in den Vordergrund gestellten Anordnungen parallel gleich umgebener (oder, wie ich sage, „identischer“) Punkte die einzigen regelmäßigen Punktverteilungen? „Warum sollte z. B. nicht eine derartige Anordnung der Molekelzentra in gewissen Kristallen möglich und sogar wahrscheinlich sein, bei der sie in einer Ebene die Ecken von lückenlos aneinanderliegenden regelmäßigen Sechsecken, wie Bienenzellen, bilden? Und doch ist eine solche Anordnung bei Annahme der (einfachen Bravais'schen. Der Verf.) Raumgitterstruktur ausgeschlossen.“ (L. Sohncke, Entwicklung einer Theorie der Kristallstruktur, 1879.) Chr. Wiener, L. Sohncke und C. Jordan faßten den Begriff der regelmäßigen Punktverteilung weiter. Sie suchen alle Systeme regelmäßiger Punktverteilungen auf, die so beschaffen sind, daß jeder Punkt kongruent deckgleich mit den anderen Punkten von der Gesamtheit aller übrigen umgeben ist. Kongruent deckgleich bedeutet durch reine Bewegungen (Drehungen und Translationen) in Deckstellung zu bringen. Sohncke gelang es so, alle möglichen Bewegungsgruppen aufzufinden.

Allein erst Schoenflies blieb es vorbehalten, den durch diese Arbeiten neu in die Diskussion geworfenen Gedanken zu Ende zu denken. Im Gebiet der Kristallographie, sagt er, stehen die Begriffe „kongruent“ und „spiegelbildlich gleich“ gleichberechtigt nebeneinander. Wenn wir die Hypothese aufstellen, daß jede Kristallmolekel von der Gesamtheit der Nachbarmolekeln auf gleiche Weise umgeben ist, so kann dieses „gleich“ somit bedeuten kongruent oder spiegelbildlich gleich. In dieser Weise versteht Schoenflies unter einem regelmäßigen Molekelhaufen von unbegrenzter Ausdehnung einen solchen nach allen Richtungen unendlich ausgedehnten Molekelhaufen, der aus lauter gleichartigen Molekeln besteht und die Eigenschaft besitzt, daß jede Molekel auf die gleiche Art (kongruent oder spiegelbildlich gleich) von der Gesamtheit aller Molekeln umgeben ist. Seine Aufgabe, die er in bewunderungswürdiger Weise zu Ende führte, war es nun, alle durch Symmetrieverhältnisse voneinander verschiedenen regelmäßigen Molekelhaufen aufzusuchen oder (im Hinblick auf den Zweck) zu zeigen, daß sich für jede der 32 Kristallklassen Molekelhaufen angeben lassen, welche durch analoge Deckoperationen ausgezeichnet sind wie die n gleichwertigen Geraden der Kristallklasse“. Allein Schoenflies ging in richtiger Erkenntnis der kristallographischen Problemstellungen weiter. Er schrieb (1891!) „Es ist vor allem zu untersuchen, welche speziellen Annahmen über

Form und Qualität der Molekel den Theorien²⁾ zugrunde liegen und welche weiteren Folgerungen implizite mit diesen Annahmen verbunden sind.“ Und weiterhin: „Er (der Mathematiker) muß den Spielraum genau abgrenzen, welcher bei jeder Theorie für die weiteren Hypothesen über die Natur der Kristallbausteine überhaupt noch übrig bleibt, damit der Kristallograph nicht im Zweifel darüber ist, innerhalb welches Rahmens sich in jedem Fall die zulässigen Annahmen über die chemische und physikalische Qualität der Molekel noch bewegen können.“ Die Mitteilung dieser klaren Erfassung der Problemstellung ist dem Verfasser Bedürfnis, ist doch erst vor ganz kurzem in Amerika ein Buch erschienen, das wie die „Geometrische Kristallographie des Diskontinuums“ die analytisch-geometrische Ausarbeitung der Schoenflieschen Theorie vermittelt, aber glaubt, von den Symmetriequalitäten als etwas Unwesentlichem absehen zu dürfen.

Schoenflies nannte die Gruppe von Operationen, die zur Charakteristik der regelmäßigen Molekelhaufen allgemeinsten Art dient und aus deren sämtlichen Deckoperationen besteht, eine *Raumgruppe*. Er konnte dartun, daß es 230 verschiedene Raumgruppen gibt, die phänomenologisch den 32 auch anderweitig ableitbaren, möglichen Kristallklassen isomorph sind. Jede dieser Raumgruppen ist durch seine Angaben eindeutig charakterisiert, so daß es nach 1912 lediglich Aufgabe der Kristallographen war, die Befunde analytisch auszuwerten. Es gelang Schoenflies weiterhin zu zeigen, daß die Massenteilchen selbst in Form und Qualität ganz unbestimmt bleiben können, daß die resultierende Symmetrie eine reine *Anordnungssymmetrie* zu sein braucht. Indessen ist ihm völlig klar, daß das in Hinsicht auf die in erster Linie zu betrachtenden Bausteine nicht notwendigerweise so sein muß, und er gibt den Weg genau an, der zu den Spezialisierungen bei symmetriebegabten Bausteinen führt. Fragt man sich, warum die völlig ausgearbeitete und in allen Teilen klar erfaßte, weite Perspektiven eröffnende Darstellung von Schoenflies so lange Zeit nur geringen Eingang bei den Kristallographen fand (heute noch sind in E. A. Tuttons ausgezeichnetem Werke „Crystallography and Practical Crystal Measurement“ die Sohncke'schen Bewegungsgruppen die einzigen eingehend behandelten), so sind außer der dem Kristallographen wenig vertrauten gruppentheoretischen (und deshalb doch gerade so eleganten) Darstellung zwei historisch leicht verständliche und das Verdienst des Forschers in keinerlei Weise schmälernde Punkte besonders zu erwähnen.

Schoenflies ist von der Voraussetzung ausgegangen, daß als individuelle Bausteine die Molekeln (oder sogar sogenannte Kristallmolekeln) in Frage kommen, daß es somit genüge, *einerlei* Punktarten zur Konstruktion des Kristallgebäudes

anzunehmen. Ein Ausgangspunkt, der Schwerpunkt eines Massenteilchenhaufens von der dem Kristall als Ganzes zukommenden Zusammensetzung, wird in Betracht gezogen. Durch Groth und Sohncke war kurz vorher die Theorie aufgestellt worden, daß zweckmäßiger die einzelnen Atome als Bausteine angesehen werden. Diese Auffassung fand bei den Kristallographen, wie sich später herausstellte mit Recht, Anklang. Schoenflies unterließ nicht, darauf hinzuweisen, daß seine Theorie auch alle derartigen Fälle umfasse und zu deren Beherrschung keiner Erweiterung bedürfe. Allein die im Hauptteil angewandte Terminologie des Molekelhaufens mochte, wenn auch mit Unrecht, manchen Kristallographen abhalten, dies einzusehen. Dazu kamen Mißverständnisse über die Beziehung spiegelbildlich gleich umgebener Massenteilchen zur kristallographischen Enantiomorphie.

Der zweite Punkt scheint von größerer Bedeutung zu sein, wenn er auch nur unbewußt eine Rolle gespielt haben kann. Schoenflies (übrigens auch Sohnckes) Problemstellung ist eine rein mathematische gewesen, die über die Erfahrung des Kristallographen hinausging. Die regelmäßigen Punktverteilungen interessieren den Kristallographen nur insoweit, als sie die Homogenität und Anisotropie der Kristalle veranschaulichen. Die Homogenität aber verlangt die von Bravais gefundenen Raumgitterstrukturen. Daß diese zugleich der Hauptteil der Symmetriegesetze der Anisotropie ergeben, ist zufriedenstellend. Wenn Schoenflies von der Kristallstruktur voraussetzt, daß sie durch den höchsten Grad der Regelmäßigkeit ausgezeichnet sei, und das definiert als: „jede Kristallmolekel ist von der Gesamtheit der Nachbarmolekeln auf gleiche Weise umgeben“, wobei gleich nicht parallelgleich, sondern irgendwie deckgleich, inklusive spiegelgleich bedeuten soll, so hat er die denkbar schönste und einfachste Formulierung des Anordnungsgesetzes gefunden, nicht aber die empirisch gegebene. Erfahrungstatsache ist ja, daß in einem einheitlichen Kristall sicherlich in sehr kleinen Abständen Punkte auftreten mit parallel gleichem Verhalten. Niemals ist phänomenologisch eine derartige Beziehung innerhalb eines Kristalles gefunden worden, die zeigen würde, daß um zwei individualisierbare „Punkte“ das Verhalten nur deck-, aber nicht paralleldeckgleich sei. Tritt so etwas auf, dann gibt die weitere Untersuchung dem Kristallographen, der behauptet, zwischen solchen Punkten sei eine Inhomogenitätsgrenze (Zwillingsbildung) stets recht. Wäre im Anschluß an die kristallographische Erfahrung etwa folgendermaßen argumentiert worden: „Die von Bravais gefundene, die Homogenität gewährleistende Raumgitterstruktur braucht nicht auszuschließen, daß ein Massenteilchen außer in parallelgleicher in irgendeiner anderen deckgleichen Art von den übrigen Teilchen umgeben ist, es muß deshalb untersucht werden“.

²⁾ Bei Schoenflies (Seite 248) der ganze Satz gesperrt, statt den Theorien steht nachbeziehend „ihnen“.

welche dieser regelmäßigen Anordnungen allgemeiner Art mit der Raumgitterstruktur verträglich sind“, so wäre der Anschluß an die Erfahrung gegeben gewesen. Nun allerdings, *Schoenflies* hat ja das in Wirklichkeit getan und dabei das wichtigste Gesetz der Kristallstrukturlehre gefunden, und es wäre eigentlich Sache der Kristallographen gewesen, seine Ergebnisse rein didaktisch anders darzustellen. Von mathematischem Standpunkte aus ist seine Entwicklung die einfachste und unzweifelhaft rationellste, das mußte ihm genügen. Das oben erwähnte Gesetz, die wichtigste Entdeckung von *Schoenflies*, lautet: *Allen regelmäßigen Punktsystemen allgemeinsten Art kommt zugleich Raumgitterstruktur zu, das heißt, es stellt sich dann immer eine kurzperiodische Wiederkehr parallel gleich umgebener Punkte ein.* Man kann das mit *Schoenflies* auch so ausdrücken: *Jeder regelmäßige Teilchenhaufen geht durch Translationen in sich über, die eine endliche Gruppe von Translationen bilden.*

Ob wir also die Homogenität (d. h. vom Standpunkt des Diskontinuums, die Raumgitterstruktur) voraussetzen und dann die damit verträglichen regelmäßigen Anordnungen allgemeiner Art aufsuchen, oder ob wir ohne Rücksicht auf ersteres die durch den höchsten und allgemeinsten Grad der Regelmäßigkeit charakterisierten Punktanordnungen konstruieren, das Ergebnis ist das gleiche. Der Unterschied liegt didaktisch nur in folgendem. Das erstere Vorgehen setzt die reelle Homogenität (einen Begriff, der sich für das Diskontinuum als synonym mit Raumgitterstruktur erweist), der Erfahrung entsprechend, voraus. Im zweiten Falle wird die Annahme des allgemeinsten und höchsten Grades der Regelmäßigkeit einzig gemacht und es muß dann bewiesen werden, daß dadurch auch die reelle Homogenität gewährleistet wird. *Schoenflies* hat in seinem Buche das ganz klar ausgesprochen. Seite 360 wird erwähnt, daß für die Theorie der Kristallstruktur nur Raumgruppen bestimmter Eigenschaften in Frage kommen, und der Beweis des Satzes, daß überhaupt alle Raumgruppen diese Eigenschaften besitzen, findet sich im letzten Kapitel. Wäre dieser Beweis nicht geliefert, so würden die gesamten Ausführungen nur von mathematischem, nicht aber kristallographischem Wert gewesen sein. Die für den Kristallographen (durchaus nicht den Mathematiker) zentrale Stellung des Beweises ist nun etwas zu wenig in der Darstellung hervorgetreten, oder sagen wir besser, sie ist von den Vertretern der angewandten Wissenschaft nicht immer erkannt worden.

Schoenflies' Theorie ist wie jede mathematisch sorgfältig ausgearbeitete Darstellung in sich abgeschlossen und als mathematisches Kunstwerk auf ewige Zeiten wahr. Inwieweit sie als einzige Kristallstrukturlehre in Frage kommt, ist eine Angelegenheit des wissenschaftlichen Erlebens,

der Experimentaluntersuchungen. Sofern in dessen durch eine regelmäßige Anordnung von Massenschwerpunkten auch nur ein Teil der Wirkung zustande kommt, die das kristallisierte Verhalten auszeichnet, ist dieser Teil in ihr enthalten. Sie ist und bleibt in diesem Falle die Führerin, die auch Auskunft gibt über sonst noch zulässige Annahmen. Daß die an *Laues* Entdeckung anschließenden Untersuchungen gezeigt haben, daß mit der gesamten Mannigfaltigkeit der Schoenflies'schen Darlegungen zu rechnen ist, weiß heute jedermann. Die Fragen, inwieweit das „Gestaltliche“ der Atome für die phänomenologisch wahrnehmbaren Symmetrieverhältnisse eine Rolle spiele, berühren die Theorie nur in dem Sinne, der von *Schoenflies* 1891 postuliert wurde.

Die Möglichkeit, Kristallstrukturen mit Hilfe der Röntgenstrahlen zu bestimmen, hat naturgemäß dazu geführt, die Theorie der Raumgruppen analytisch-geometrisch auszuarbeiten. Implicit ist in den Darlegungen von *Schoenflies* alles enthalten, jedoch in einer Form, die eine praktische Anwendung nicht unmittelbar gestattet. Die eingehendste analytisch-geometrische Untersuchung der 230 Raumgruppen oder Raumsysteme ist in des Verfassers Buch „Geometrische Kristallographie des Diskontinuums“ enthalten, ein Teil dieser Ausführungen in rein tabellarischer Darstellung ist neuerdings auch in englischer Sprache erschienen³⁾ (wobei formal noch etwas mehr expliziert wurde). Außerdem ergeben sich eine ganze Reihe von wichtigen Hilfssätzen, die unmittelbar aus der Theorie fließen, die jedoch bis jetzt in meinen Spezialarbeiten nur zum geringsten Teil veröffentlicht sind. Die „atomistische“ Struktur der Kristalle schien es zudem dem Verfasser wünschenswert zu machen, gestützt auf *Schoenflies'* Untersuchungen die Theorie etwas anders darzustellen. Einzige Voraussetzung ist für den Kristallographen ein reell homogenes Diskontinuum, und dieses Diskontinuum wird als ein mathematisches Gebilde betrachtet, dessen weitere mögliche Symmetrieeigenschaften zu untersuchen sind. Die spezielle Punktlage innerhalb dieses Diskontinuums spielt nur noch die Rolle, die irgendeinem Punkte in einem mehrdimensionalen Gebilde zukommt. Da die Voraussetzung von der Homogenität ausgeht, braucht die Ableitung diese naturgemäß nicht zu beweisen, und da nach *Schoenflies* alle 230 durch verschiedene Symmetrie ausgezeichneten Raumgruppen reell homogene Diskontinua sind, muß eine solche Entwicklung die gleichen Resultate ergeben. Damit ist jedoch die letzte Reminiszenz an die „Kristallmolekeln“ formal beseitigt. Ob verschiedenwertige Punkte von chemisch gleichen oder ungleichen Teilchen besetzt sind, ist ebenso gleichgültig, wie die Zahl der verschiedenen in Betracht zu ziehenden Bau-

³⁾ The Analytical Expression of the results of the Theory of Spacegroups by *Ralph G. Wyckoff*. Carnegie Institution of Washington, October 1922.

steine. Der Kristallraum wird als ein in allen Teilen reelle Homogenität besitzender Raum aufgefaßt (Raumgitterstruktur), in dem alle Punkte an sich Schwerpunktsitz eines Massenteilchens sein können. Die mit reeller Homogenität verträglichen Symmetrieelemente, die zu besonderen Systemen gleichwertiger Punkte führen, werden aufgesucht und in bezug darauf ergibt sich die Einteilung in 230 Raumsysteme. Fassen wir zusammen:

Bravais hat nur die der reellen Homogenität entsprechende Mannigfaltigkeit aufgesucht und dabei einerlei konstituierende Punktlagen im Auge gehabt. Er hat die Frage nach den Translationsgruppen völlig zum Abschluß gebracht.

Schoenflies hat die allgemeinste Art einer regelmäßigen Punktanordnung in bezug auf ihre möglichen Deckoperationen untersucht und bewiesen, daß sie immer auch der reellen Homogenität entspricht. Im großen betrachtet auch er stets eine und nur eine konstituierende Punktlage, ohne indessen zu übersehen, daß dies an sich gleichgültig ist. Er hat jede auf Anordnung von Massenteilchen gegründete Kristalltheorie durch seine mathematischen Untersuchungen implizite erfaßt. Gestützt auf *Schoenflies* schien sich mir auf Grund experimenteller Ergebnisse jedoch jene Darstellung zu empfehlen, die oben skizziert ist und die einer völlig andersgerichteten Problemstellung entspricht, ohne abweichende Resultate zeitigen zu können.

In dem Werk „Kristallsysteme und Kristallstruktur“ von *Schoenflies* sind in einer gedrängten Darstellung von 640 Seiten naturgemäß viele für den Kristallographen wichtige Erkenntnisse enthalten, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Es sei an die gruppentheoretische Ableitung der 32 Punktgruppen (Kristallklassen) erinnert, die sich von den früheren eines *Hessel*, *Bravais*, *Gadolin*, *Fedorow*, *Curie*, *Minnigerode* und *Möbius* wesentlich unterscheidet. Besonders die Ausführungen über die Kristallsysteme und ihre Unterabteilungen sind bedeutsam. Daß die von *Schoenflies* gewählte Klassenbezeichnung in Zukunft wieder mehr zur Geltung kommen wird, ist fraglos, die von *Groth* gegebene wird in der eigentlichen Gestaltenlehre daneben bestehen bleiben. Die gruppentheoretische Ableitung der Raumsysteme mit den gruppentheoretischen Hilfssätzen besitzt fundamentale Bedeutung für derartiges Darstellungs- und Rechnungsverfahren. Wenn der Kristallograph sich mehr an das Gegenständliche der Symmetrieelemente hält, so darf er doch keineswegs Gruppentheorie und Vektoranalysis vernachlässigen. Im Hinblick auf die mit *Schoenflies* gleichzeitigen, ebenfalls vollständigen Erörterungen von *E. v. Fedorow* sind noch besonders wichtig die Abschnitte über die *reguläre Raumteilung*. Das Problem der Kristallstrukturen läßt sich ja von zwei gleichberechtigten Standpunkten aus betrachten, dem der regulären Raumteilung und dem der regulären Punkt-

verteilung. Beide Darstellungsweisen haben sich nebeneinander entwickelt und sind einander nicht subordiniert, sondern koordiniert.

Mit den nicht minder berühmten Arbeiten von *Fedorow* setzt sich *Schoenflies* ferner in dem außerordentlich klaren Artikel in Band V der „Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften“ (Heft 3, Seite 437—478) auseinander. Diese Darstellung ist durch scharfe Erfassung der Hauptpunkte ausgezeichnet und sollte von jedem Kristallographen gelesen werden. Der Artikel heißt: *Symmetrie und Struktur der Kristalle*. Nachdem das Gesetz der rationalen Indices und das Symmetriegesetz erläutert sind, wird die Formulierung der mathematischen Probleme vorgenommen. Einer Erläuterung des Gruppenbegriffes schließt sich eine kurze mathematische Ableitung der Symmetrieklassen (-gruppen) an.

Der Gedankengang bei Besprechung der einzelnen Strukturtheorien geht aus folgenden Zitaten hervor: „Es scheint verständlich, wenn sich die mathematischen und kristallographischen Vorstellungen im Gebiet der Strukturtheorien nicht völlig decken. Die mathematische Problemstellung muß naturgemäß nach den *allgemeinsten* regelmäßigen Molekelanordnungen fragen, aus denen die Grundgesetze der Kristallsubstanz als unmittelbare Folgerungen sich ergeben; der Kristallograph wird bestrebt sein, von allen derartigen Anordnungen die *einfachsten* aufzusuchen, und das sind unbestreitbar diejenigen, deren Molekeln parallele Lage haben.“ Ferner: „Geht man diesen Gedanken nach, so kommt man zu der Forderung, alle Strukturen aufzusuchen, bei denen die Symmetrie *nur* von der *Anordnung* abhängt und eine *besondere* Qualität der Molekel *nicht* mehr nötig ist.“ Das ist nach *Schoenflies* die „*reine Strukturtheorie*“, die durch ihn erst völlig ausgearbeitet wurde. Wir sehen, daß auch hier *Schoenflies* den Hauptwert seiner allgemeinen Theorie in der *allgemeinsten* Voraussetzung und der Möglichkeit reiner Anordnungssymmetrie sieht. Von diesem Standpunkte aus betrachtet, läßt sich sagen, daß, *soweit Atome in Betracht kommen*, die Experimentaluntersuchungen weder die Bravais'sche noch die Schoenflies'sche Anschauung bestätigt haben. Den Atomen kommen im allgemeinen weder die nur einfachsten Lagen, noch die nur *allgemeinsten* Lagen zu. Doch möge auch hier wieder darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Schoenflies'sche Lösung eine viel allgemeinere ist. Sie umfaßt alle möglichen Fälle und bedarf zur zweckmäßigen Verwendung nur der von mir vorgenommenen Umdeutung.

Schließlich hat *A. Schoenflies* auch in zwei wertvollen Artikeln in der „Zeitschrift für Kristallographie“ zu den besonderen Fragen Stellung genommen, die sich nach den Laueschen und Bragg'schen Entdeckungen aufdrängten. Sie vermittelten uns jüngeren Kristallographen den Zugang zu seinem ewig jungen Hauptwerk. Möge es, das längst vergriffene, nochmals neu ent-

stehen, damit es, so wie es war und wie es uns lieb geworden ist, jeder Bücherei der Mineralogen, Mathematiker und Physiker einverleibt werden kann. Seinem Schöpfer aber entbietet die Mineralogie die herzlichsten Glückwünsche zum siebzigsten Geburtstagsfest. Unter den vielen Namen berühmter Mathematiker, Physiker und Chemiker, die sich mit speziellen Problemen der Kristallehre und der Mineralogie befaßten, wird der Name *Schoenflies* stets an einer ersten Stelle stehen.

Arthur Schoenflies als Mathematiker.

Von Ludwig Bieberbach, Berlin.

Weiten Leserkreisen dieser Zeitschrift wird der *Nernst-Schoenflies* ein guter Bekannter sein. Erst vor wenigen Wochen hat das Erscheinen der zehnten Auflage wieder bestätigt, wie begehrt das Buch ist. Und wieder ist es, ergänzt durch neueste Forschungsergebnisse, auf die Höhe der Zeit gebracht. Die Grundlagen des Relativitätsprinzips und die Theorie der Kristallgitter hat *Schoenflies* beigezeichnet, der wie wenig andere die Höhe der wissenschaftlichen Auffassung mit dem Geschick des bewährten Pädagogen zu vereinigen versteht.

Am 17. April feiert der Nimmermüde in wirklich seltener Frische seinen siebzigsten Geburtstag. Sein mathematisches Werk und die Vorzüge seiner Persönlichkeit stimmen in harmonischster Weise zusammen. Sein menschliches Wohlwollen hat ihn stets dazu veranlaßt, die Ergebnisse seines Forscherfleißes in behaglicher, gut lesbarer Darstellung auch einem weiteren Kreise von Interessenten zugänglich zu machen. Freilich hat sich auch *Schoenflies* meist mit Fragen beschäftigt, die weit über den Kreis der engsten Fachgenossen hinaus auf Interesse rechnen konnten.

Die Anfänge seines Schaffens liegen in der synthetischen Geometrie und bei der Bewegungslehre. Er hat seine und fremde Ergebnisse zusammenfassend dargestellt in seiner „Geometrie der Bewegung in synthetischer Darstellung“, Leipzig 1886, und später noch einmal in einem zusammen mit *Grübler* verfaßten Artikel in der Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften. Er hat selbst durch einige schöne geometrische Sätze die Theorie der allgemeinen Bewegung eines starren räumlichen Systems bereichert. Ich nenne nur ein Beispiel. Man betrachte drei verschiedene Lagen eines starren Systems. P sei irgendein Punkt des Systems in seiner Ausgangslage. In den beiden anderen Lagen des Systems gehe er in P_1 bzw. P_2 über. Wie muß man P wählen, damit P, P_1, P_2 in gerader Linie liegen? Die Antwort lautet: P muß einer gewissen Raumkurve dritter Ordnung angehören. Eine Kurve also, wie sie entsteht, wenn man zwei Kegel, die außerdem eine Mantellinie gemeinsam haben, zum Schnitt bringt. Es schließen sich Arbeiten über geometrische Konfigurationen an. Das sind

Systeme von Punkten und Geraden in gewisser regelmäßiger Anordnung. Gegeben sind z. B. 10 Gerade und 10 Punkte. Sie sollen so angeordnet werden, daß auf jeder Geraden drei der Punkte liegen und daß durch jeden Punkt drei der Geraden gehen. Eine Lösung dieser Aufgabe wird z. B. durch die bekannte Figur des Desargueschen Satzes der Geometrie geliefert: Zwei Dreiecke mit den Ecken A, B, C und A_1, B_1, C_1 sollen so gelegen sein, daß die Verbindungslinien AA_1, BB_1, CC_1 durch einen Punkt P gehen. Schneiden sich dann die Geraden AB/A_1B_1 in R , AC/A_1C_1 in S , BC/B_1C_1 in T , so liegen R, S, T auf einer geraden Linie g . Die 10 Geraden sind also $AB, A_1B_1, AC, A_1C_1, BC, B_1C_1, AA_1, BB_1, CC_1, g$; die 10 Punkte sind $A, B, C, A_1, B_1, C_1, P, R, S, T$. Ein anderes Beispiel einer Konfiguration würde die Figur des Pascalschen Satzes über Kegelschnitte liefern. Solche Vorkommnisse veranlassen manchen Mathematiker zu einer systematischen Betrachtung solcher regelmäßigen Anordnungen von Punkten und Geraden. Zu ihnen gehört auch *Schoenflies*. Er hat sich namentlich mit der Frage befaßt, möglichst alle Konfigurationen mit einer gegebenen Zahl von Punkten und Geraden aufzufinden und ist in der Lösung dieser Frage weit vorgedrungen. Wieder andere seiner Arbeiten befassen sich in ähnlicher Weise mit der Aufzählung und Klassifikation der Kreisbogenpolygone. Das sind Figuren, analog den gewöhnlichen geradlinigen Polygonen. Statt gerader Linien hat man aber Kreisbögen als Seiten. Dabei darf man aber nicht an einen geschlossenen Linienzug ohne Selbstüberkreuzung denken. Vielmehr werden beliebige Überschneidungen der Polygonseiten zugelassen. Erst dadurch entsteht das Problem einer Klassifikation, das *Schoenflies* durch gewisse funktionentheoretische Untersuchungen von *Felix Klein* nahegelegt war. In der Zeit, da *Schoenflies* in Göttingen Extraordinarius war, hat *Klein*, wie auf alle, die je mit ihm zusammenkamen, auch auf *Schoenflies* eine ungemein anregende Wirkung ausgeübt. *Schoenflies*, dem schon seit seiner Berliner Studentenzeit der Ruf eines ungewöhnlich gut gebildeten Mathematikers vorausging, hat die anregende Wirkung *Kleins* stets gerne anerkannt und ist von jeher ein begeisterter Verehrer *Kleins* geblieben.

Der Göttinger Zeit gehören auch die Untersuchungen an, die *Schoenflies* im Gebiete der Bewegungsgruppen angestellt hat und die ihn heute zu einem weltberühmten Manne gemacht haben. Unter einer Bewegungsgruppe versteht man dabei ein System von Bewegungen des dreidimensionalen Raumes von folgender Eigenschaft: Wenn man zwei der Bewegungen nacheinander ausführt, so ist das Ergebnis immer wieder eine Bewegung des Systems. Übt man auf irgendeinen Punkt des Raumes alle Bewegungen der Gruppe aus, so entsteht eine Menge regelmäßig verteilter Punkte des Raumes. Diese Menge hat die Eigen-

tümlichkeit, daß durch jede Bewegung der Gruppe die Punkte der Menge untereinander vertauscht werden. Solche regelmäßig verteilte Punkte spielen nun in jeder Molekulartheorie der Kristalle eine Rolle, und das war der Grund, aus dem z. B. auch *Gauß* schon der Frage sein Interesse zuwandte. Freilich kommen für die Kristallographie nur einige dieser Gruppen in Betracht. Das sind diejenigen, für welche die erwähnte Punktmenge nirgends dicht liegt. Damit ist gemeint, daß in keinem endlichen Bezirk des Raumes unendlich viele der Punkte liegen sollen. Zunächst war es ein Mathematiker, der sich dieser Frage zuwandte. Es war der Franzose *Camille Jordan*, der Verfasser des berühmten Cours d'analyse. Freilich wäre er im Jahre 1868, in das seine gruppentheoretischen Untersuchungen fallen, noch nicht imstande gewesen, seinen Cours d'analyse zu schreiben. Denn der Weierstraßsche Kritizismus hatte seine Einwirkung auf eine Umgestaltung der Mathematik kaum begonnen, und der befruchtende Einfluß der Cantorsche Mengenlehre ruhte noch im Schoße der Zukunft. So konnte unbegreiflicherweise *Jordan* 1868 noch meinen, die überall dichten Mengen seien mit dem Kontinuum identisch, eine Auffassung also, die ungefähr dem gleichkommt, zu meinen, die rationalen Zahlen seien die einzigen. Das war eine grundlegende prinzipielle Lücke in den Jordanschen Deduktionen. Daneben war noch manches Versehen in der Aufzählung der Gruppen zu rügen. Als nächster hat ein Mineraloge, *Sohncke*, in dieser Sache das Wort ergriffen. Bei ihm kamen freilich wieder die gruppentheoretischen Gesichtspunkte zu kurz. Das veranlaßte *Schoenflies*, die Frage erneut vorzunehmen. In seiner Darstellung kommt denn in der Tat keiner der vielen Gesichtspunkte zu kurz, die in die Theorie hineinspielen. Und in der Verschlungenheit der Beziehungen liegt stets ein eigentümlicher Reiz einer mathematischen Theorie. In kristallographischer Hinsicht hatte sich *Schoenflies* eine eigene Auffassung über den Aufbau der Kristalle gebildet. Der gleichzeitig erscheinende Aufsatz *Niggli* berichtet über diese Dinge im einzelnen.

Kurz haben wir gerade die Mengenlehre gestreift. Ihr und damit den Grundlagen der Mathematik hat *Schoenflies* den größten Teil seiner Arbeiten gewidmet. Seine Grundeinstellung zu allen diesen prinzipiellen Fragen ist die einer praktischen Lebensklugheit. Er steht allen den Bemühungen, die der Mathematik eine ein für allemal sichere Grundlage geben möchten, mit abwartender Skepsis gegenüber. Paradoxien können seiner Meinung nach immer einmal wieder vorkommen. Sie sind ein Anzeichen dafür, daß man wieder einmal die Grundlagen revidieren muß zwecks Beseitigung der Quelle der Paradoxie. Solche Spekulationen liegen der kritisch und begrifflich gerichteten modernen Mathematik nahe. Durch die ganze Entwicklung

der Mathematik zieht sich seit mehr als hundert Jahren ein steter Kampf um die Prinzipien. Die kühnen Schöpfungen *Georg Cantors* hatten in der Mengenlehre ein neues mathematisches Gebiet geschaffen, das auf der einen Seite von immenser Fruchtbarkeit war. War es doch ein Gebäude, unmittelbar erwachsen aus den Bedürfnissen konkreter mathematischer Fragestellung. Auf der anderen Seite aber erschienen nicht gleich auf erste alle Begriffsbildungen hinreichend sicher fundiert, namentlich nicht unter den Händen derer, die weniger vorsichtig operierten als der Schöpfer selbst. So entstanden Paradoxien. Die bekannteste, die von der Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten, kann man populär so wiedergeben: Man definiere als Dorfbarbier einen Mann des Dorfes, der alle und nur die über Bartwuchs verfügenden Dorfbewohner rasiert, die das nicht selbst besorgen, und die keinen Bart tragen. Dann lege man sich die Frage vor, wer denn nun eigentlich den Barbier rasiert. Dabei werde noch vorausgesetzt, daß der Barbier keinen Bart trägt, aber über Bartwuchs verfügt. Jede Beantwortung der Frage wird uns in Widerspruch zu der Definition setzen. Wenn er sich selbst rasiert, dann rasiert er ja einen, der das selbst besorgt. Rasiert er sich nicht selbst, so bekommt er entweder einen Bart, oder aber er hat keine Anlage zum Bart, oder aber er rasiert einen Mann nicht, der das nicht selbst besorgt. Die Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten, ist eine ebenso paradoxe Begriffsbildung. Denn wenn sich diese Menge nicht selbst als Element enthielte, so müßte sie sich enthalten, und wenn sie sich selbst als Element enthielte, so könnte sie sich nicht als Element enthalten. Solche Paradoxien will die axiomatische Richtung in der Mengenlehre durch passende Einrichtung der Grundsätze ein für allemal verhindern. Diese müssen so beschaffen sein, daß man darnach eben den Begriff einer Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten, gar nicht bilden kann, sondern, daß man nur solche Mengen bilden kann, deren Begriff nicht schon einen Widerspruch in sich birgt. *Schoenflies* steht solchen Bestrebungen, wie schon gesagt, skeptisch gegenüber. Er will hier dieselbe Methode verfolgt wissen, die auch jeder Naturwissenschaftler verwendet. Auch dieser muß stets gewärtig sein, daß ihm seine schönste Theorie durch neue Tatsachen über den Haufen geworfen wird. Neue Tatsachen, die die Theorie stürzen können, sind auf mathematischem Gebiete logische Widersprüche, zu denen die seitherigen Grundlagen führen mögen.

Diesen prinzipiellen Erwägungen steht manche eigene Entdeckung von *Schoenflies* zur Seite. Sein großer Bericht über Mengenlehre enthält auch viele eigene Leistungen von ihm selbst. Er hat durch das, was er auf diesem Gebiet geleistet hat, seinen Namen auf immer mit den Grundlagen der Analysis verknüpft.

Ich will nur ein oder zwei Beispiele herausgreifen. Jedermann, d. h. jeder Nichtmathematiker, wird gerne geneigt sein, zuzugeben, daß eine geschlossene Kurve ohne Selbstüberkreuzung eine Ebene, in der sie liegen möge, in zwei Gebiete zerlegt. Nicht so der Mathematiker. Er sucht sich zunächst einen Kurvenbegriff zu bilden. Wir wählen den von demselben inzwischen verwandelten *Camille Jordan* im Jahre 1893 in seinem Cours d'analyse gegebenen, wie er im Jordanschen Kurvensatz zum Ausdruck kommt: Das umkehrbar eindeutige und stetige Bild eines Kreises zerlegt die Ebene in zwei Gebiete. Nun aber erhebt sich die Frage: Sind damit alle Punktmengen erschöpft, welche Punkt für Punkt die gemeinsame Grenze zweier Gebiete sein können, in welche durch sie die Ebene zerlegt wird? *Schoenflies* hat die Antwort auf die Frage gefunden. In der Tat sind die im Jordanschen Kurvensatz genannten die einzigen, wenn man die Annahme, daß sie Punkt für Punkt gemeinsame Grenze zweier Gebiete sein soll, in der Schoenflieschen Weise durch den exakten Begriff der Erreichbarkeit eines Punktes aus beiden Gebieten formuliert. Ein weiterer grundlegender Satz von *Schoenflies* ist der von der Invarianz des ebenen Gebietes bei umkehrbar eindeutigen und stetigen Abbildungen. Dabei entsteht immer wieder ein Gebiet, wie *Schoenflies* als erster vollständig bewiesen hat. Dieser Satz gehört heute, in der von *Brouwer* gegebenen Verallgemeinerung auf beliebig viele Dimensionen, zu den wichtigsten Sätzen der Analysis.

Einen abschließenden Blick auf die Fülle der Schoenflieschen Leistungen zu werfen, ist heute noch nicht möglich. Bringt doch noch fast jedes Jahr neue Arbeiten des Jubilars. So besteht ja namentlich die Hoffnung, daß zum 17. April 1923 die zweite Auflage des berühmten Werkes über Kristallstruktur den Jubilar und die ganze wissenschaftliche Welt erfreuen wird.

Über die Entdeckung eines neuen riesigen Säugetiers im unteren Miozän Asiens.

Von *Othenio Abel*, Wien.

Schon im Jahre 1882 hatte *Blanford* bei einer geologischen Untersuchung der *Bugti Hills* in *Balutschistan* einige Reste von Nashörnern und Anthracotheriiden in dieser Gegend gesammelt, die von *Richard Lydekker* 1883 beschrieben wurden. Aber erst durch die monographische Bearbeitung der fossilen Säugetiere, die *Guy E. Pilgrim* in den Jahren 1907—1908 in dieser Gegend aufgesammelt hatte, erwachte ein lebhafteres Interesse an dieser Säugetierfauna, die vor allem durch die enorme Größe der meisten Arten auffiel. Da traten uns riesenhafte Raubtiere entgegen wie *Pterodon bugtiensis* Pilg. und *Cephalogale shabazi* Pilg., große Rüsseltiere aus der

Gruppe der Dinotherien und Mastodonten, gewaltige Nashörner wie *Cadurcotherium indicum* Pilg., *Aceratherium bugtiense* Pilg. und *A. gajense* Pilg., *Teleoceras fatchjangense* Pilg., schweineähnliche Paarhufer aus der ausgestorbenen Gruppe der Anthracotheriden, *Anthracotherium bugtiense* Pilg. und *Brachyodus giganteus* Lyd., große Vertreter der ausgestorbenen Unpaarhuferfamilie der Chalicotheriiden, wie *Phyllotillon naricus* Pilg. u. v. a.

Bei Expeditionen, die *C. I. Forster-Cooper*, jetzt Superintendent des Zoologischen Museums der Universität Cambridge, in den Jahren 1911 und 1912 nach Balutschistan ausführte, kamen weitere sehr merkwürdige Säugetierreste in den Bugti-Beds von Chur-lando in den Bugti Hills von Balutschistan zum Vorschein. In mehreren vorläufigen Mitteilungen machte uns *Forster-Cooper* mit diesen Formen bekannt, unter denen ein neues Nashorn, *Paraceratherium bugtiense* Forster-Cooper, durch seine ungewöhnliche Größe auffiel. Daneben hatten sich aber auch andere Reste eines riesenhaften Säugetiers gefunden, das an Körpergröße nicht nur die übrigen ohnedies schon gewaltigen Bugti-Säugetiere weit übertraf, sondern überhaupt eines der größten fossilen Säugetiere darstellt, die bis jetzt bekannt geworden sind.

Die ersten Reste, die *Forster-Cooper* in den „Annals and Magazine of Natural History“ in London im Oktober 1913 beschrieb, hatten von ihm den Namen *Thaumastotherium Osborni* erhalten, doch mußte dieser Name, da er bereits für ein anderes Säugetier vergeben war, in „*Baluchitherium Osborni*“ abgeändert werden.

Es darf gewiß als ein sehr merkwürdiges Zusammentreffen bezeichnet werden, daß kurze Zeit nach der ersten Entdeckung dieser Reste in Balutschistan weitere Überreste derselben Art in der Provinz *Turgai* in *Nord-Turkestan*, nördlich vom Aralsee, entdeckt wurden, die von dem russischen Paläontologen *A. Borissjak* 1917 unter dem Namen *Indricotherium turgaicum* beschrieben wurden.

Vor wenigen Wochen veröffentlichte *C. I. Forster-Cooper* eine eingehendere Mitteilung über die Reste des *Baluchitherium Osborni* aus Balutschistan in den „Philosophical Transactions“ der Royal Society in London; und wenige Tage nach dem Empfang dieser Abhandlung kam uns aus New York die Mitteilung zu, daß es *Walter Granger*, dem Paläontologen der amerikanischen Expedition nach China unter der Leitung von *Roy Chapman Andrews* gelungen ist, einen fast vollständigen Schädel von *Baluchitherium* in China zu entdecken, der bereits Ende Dezember im American Museum in New York eingetroffen ist und auf dessen Beschreibung wir in hohem Maße gespannt sein dürfen.

Bis jetzt sind von diesem eigenartigen Säugetier verschiedene Skelettreste, darunter auch sehr dürftige Kieferreste mit einigen Zähnen aus

den Schichten von Turgai in Nordturkestan bekanntgeworden, die *Borissjak* beschrieben hat. Die Reste aus Balutschistan bestehen einstweilen nur aus einzelnen Wirbeln und Gliedmaßenknochen, die jedoch so sonderbar gestaltet sind, daß es schwer ist, sich ein genaueres Bild von der systematischen Stellung dieses Säugetiers zu machen.

Als sicher feststehend kann bis jetzt betrachtet werden, daß es sich in den Resten, die unter dem Namen *Baluchitherium Osborni* vereinigt wurden, um Knochen eines ungeheuer großen Huftieres handelt, das mit den Unpaarhufern, besonders mit den Pferden, Nashörnern, Chalicotheriiden und Titanotheriiden, die nächsten verwandtschaftlichen Beziehungen aufweist, ohne daß es jedoch

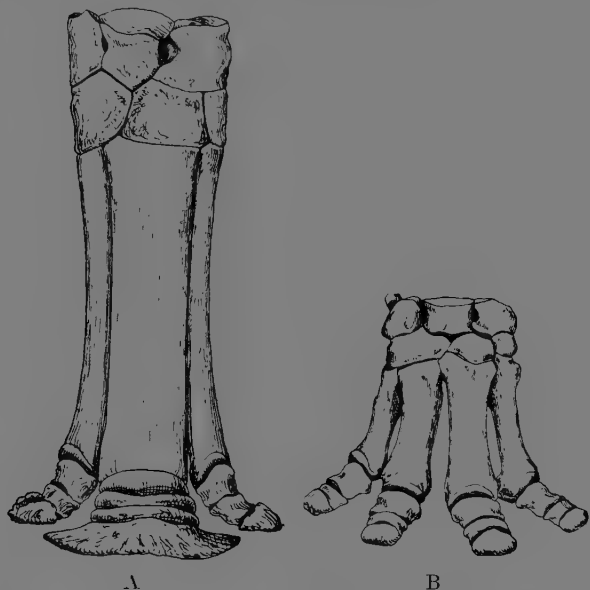


Fig. 1. A. Handskelett von *Baluchitherium Osborni* Forster-Cooper aus den Bugti-Beds (Untermiozän) von Churlando in Balutschistan. — Rekonstruktion von C. I. Forster-Cooper (1923).

B. Handskelett von *Brontotherium gigas* Marsh aus dem Unteroligozän (Titanotherium-Zone) Nordamerikas. — Nach C. I. Forster-Cooper. (Das Tier hatte die Größe eines Elefanten.)

Beide Figuren im gleichen Reduktionsverhältnisse: $\frac{1}{12}$ der natürlichen Größe.

möglich wäre, die neue Gattung und Art einem der bisher bekanntgewesenen Stämme der Unpaarhufer einzugliedern. Die Schwierigkeiten der Feststellung der Verwandtschaftsverhältnisse dieses Riesen bestehen nicht in der Größe der Knochen, sondern in der Form derselben, die von allen bekannten Unpaarhufern abweicht, obwohl dies die einzige Gruppe der Huftiere ist, die mit *Baluchitherium* in nähere Beziehungen gebracht werden kann.

Die Eigenart des Gliedmaßenbaues und die enorme Größe von *Baluchitherium Osborni* tritt uns am augenfälligsten bei der Betrachtung des Handskelettes entgegen (Fig. 1).

Die Rekonstruktion der Handwurzel, der Mittelhand und der Finger, die C. I. Forster-

Cooper auf Grund der ziemlich vollständig erhaltenen Reste entworfen hat, zeigt, daß die Handwurzel aus kräftig entwickelten Knochen besteht, die einer aus drei sehr langgestreckten Fingern und Mittelhandknochen bestehenden Hand aufliegen. Der Bau und die Form dieser Hand weicht von allen bisher bekannten Typen unter den Huftieren ab; es sind Anklänge an gewisse dreizehige Nashorn Typen und an dreizehige Pferde (z. B. *Anchitherium*) vorhanden, ohne daß es jedoch möglich wäre, diese Ähnlichkeiten bis in Einzelheiten zu verfolgen. Am meisten erinnert die ganze Gestalt der Hand an jene, die wir bei *Diplodocus*, also bei einem „Dinosaurier“, durch Osborn kennengelernt haben. Wenn natürlich auch nicht im entferntesten an eine Verwandtschaft mit *Diplodocus* gedacht werden darf, so gibt uns diese Ähnlichkeit in der Form doch vielleicht einen Fingerzeig auf eine ähnliche Lebensweise von *Baluchitherium* und *Diplodocus*. Jedenfalls waren die Gliedmaßen säulenförmig gestaltet und außerordentlich hoch, denn die Handwurzel muß mit ihrem oberen Ende ungefähr 80 cm über dem Boden erhoben gewesen sein.

Der Oberarmknochen erreicht eine Länge von 84, der Oberschenkelknochen eine Länge von 120 cm. Diese Humeruslänge bleibt freilich hinter der Länge des riesigen Elefanten-Humerus zurück, der vor kurzem in den Mosbacher Sanden bei Mainz gefunden worden ist und den mir mein Freund und Kollege O. Schmidtgen unlängst bei einem Besuche seines schönen Museums in Mainz gezeigt hat; dieser Humerus erreicht eine Länge von 148 cm, und dieses Individuum von *Elephas trogontherii* Pohlig, den wir als den Vorläufer des Mammuths (*Elephas primigenius* Bl.) zu betrachten haben, ist daher zweifellos gleichfalls als eines der riesigsten Säugetiere anzusehen, die je gelebt haben; dieser Eiszeitelefant war auch bedeutend größer als das gewiß „gigantische“ *Dinotherium* aus dem unteren Pliocän Rumäniens (im Museum zu Bukarest), dessen Humerus nur 110 cm lang ist. An Körpergröße wird wie aus dem Vergleiche der Dimensionen der großen Gliedmaßenknochen von *Baluchitherium* mit dem großen *Dinotherium* in Bukarest zu erschließen ist, die neue Art ungefähr dasselbe Ausmaß erreicht, aber vielleicht deshalb einen höheren Eindruck gemacht haben, weil die Handwurzel von *Baluchitherium* viel höher über dem Boden steht, als dies bei irgendeinem anderen Säugetier bis jetzt bekanntgeworden ist.

Sehr sonderbare Verhältnisse zeigen die Fußwurzelknochen, besonders der Astragalus, der zwar manche Ähnlichkeiten mit einem Rhinocerotiden-Astragalus aufweist, aber doch wieder in wichtigen Merkmalen, so in der Lage der Gelenkflächen, sehr ausgeprägte Eigentümlichkeiten besitzt. Wie Forster-Cooper betont, geht aus der Anordnung der Gelenkflächen hervor, daß die Winklung der Abschnitte in der Hinterglied-

maße durchaus anders als bei *Rhinoceros* gewesen sein muß und daß die Gliedmaßen mehr den Charakter von Säulen hatten, wie ja auch aus der sehr merkwürdig gestalteten, *diplocodoc*sähnlichen Hand und dem Humerus hervorgeht.

Die Gestalt des Humerus ist gleichfalls durchaus eigenartig und kann nicht in engere Vergleiche mit Nashörnern, Pferden und Titanotherien gebracht werden. Vor allem überrascht die ungewöhnlich starke Entwicklung der Tuberositas interna (des Innenhöckers am Oberende des Knochens) im Gegensatz zu der des Außenhöckers, eine Erscheinung, die das gerade Gegenteil von der Regel darstellt. Eine Grube für den Biceps, die sonst die beiden Höcker am Oberende des Humerus zu trennen pflegt, ist bei *Baluchitherium* überhaupt nicht zu beobachten, und ebenso fehlt die Deltaleiste fast ganz. Dies läßt immerhin einen Schluß auf die Funktion der Armmuskulatur zu, die bei *Baluchitherium* jedenfalls ganz anders ausgebildet gewesen sein muß als z. B. bei einem Nashorn. Aus der Lage des Gelenkkopfes ist gleichfalls auf eine sehr steile Stellung, eine „Säulenstellung“ des Humerus zu schließen.

Der Oberschenkelknochen zeigt in seinem Gesamtbilde Übereinstimmungen mit denen der großen Rüsseltiere; er ist in der Vorderansicht breit und in der Richtung von vorne nach hinten auffallend dünn. Der dritte Trochanter liegt etwa in halber Schaftlänge, ist aber nur schwach entwickelt.

Zu den eigenartigsten Teilen des Skelettes gehören die Wirbel, von denen der erste, dritte (oder vierte) und sechste Halswirbel sowie der erste Brustwirbel vorliegen. Der Atlas ist von enormer Größe; der Abstand der beiden Enden seiner Seitenflügel beträgt 475 mm!

Der dritte Halswirbel zeigt einen Traversenbau im Bereiche des Wirbelkörpers, wie er für die Chalicotheriiden bezeichnend ist und den ich (1920) in Verbindung mit einer für diese Säugetiere bezeichnenden Kopfhaltung gebracht habe. Während z. B. bei den Nashörnern der Wirbelkörper sehr massiv ist, ist dies bei den Chalicotheriiden — und ebenso bei *Baluchitherium* — nicht der Fall; hier ist der Wirbelkörper auf die beiden Gelenkflächen (die vordere konvexe und die hintere konkave) sowie auf eine vertikale Knochenlamelle als Verbindungsstück beider Gelenkflächen reduziert. Am auffallendsten an den Wirbeln ist aber die Gestalt des Dornfortsatzes des ersten Brustwirbels, wie *Forster-Cooper* hervorhebt.

Das Gesamtbild, das wir uns auf Grund der vorliegenden Reste aus Balutschistan mit Hinzuziehung der wenigen Reste von Kieferfragmenten und Zähnen aus Nordturkestan zu bilden vermögen, ist einstweilen noch sehr lückenhaft. Dabei ist es auch nicht einmal ausgeschlossen, daß sich die verschiedenen Knochenfunde auf mehrere Arten verteilen, die zwar ungefähr demselben

Kreise der Unpaarhufer angehören, aber doch voneinander vielleicht sehr verschieden gewesen sein können. Freilich ist die im allgemeinen übereinstimmende Größe der Reste ein Anhaltspunkt dafür, daß sie zu einer Art zusammengehören; wenn wir aber bedenken, daß gerade in den untermiocänen Bugtschichten von Balutschistan Vertreter der verschiedensten Säugetierstämme durch eine geradezu abnorme Größe gekennzeichnet sind, so muß uns dieser Umstand wieder zur Vorsicht mahnen. Nun ist aber Ende Dezember 1922, wie die amerikanischen Meldungen besagten, ein Schädel von *Baluchitherium* nach New York gelangt, über den wir wohl sehr bald genauere Nachrichten erwarten dürfen, die geeignet sein werden, die systematische Stellung dieses Tieres genauer festzustellen, als dies bis jetzt möglich ist. Jedenfalls ist die Entdeckung von *Baluchitherium* ein wissenschaftliches Ereignis, das unter den Entdeckungen der letzten zwanzig Jahre nur dem des merkwürdigen *Arsinotherium* im Alttertiär Ägyptens an die Seite gestellt werden kann. Zweifellos wird uns die genauere paläontologische Erforschung Asiens noch viele für unsere Wissenschaft wertvolle Entdeckungen bringen.

Die ersten akustischen Tiefseelotungen.

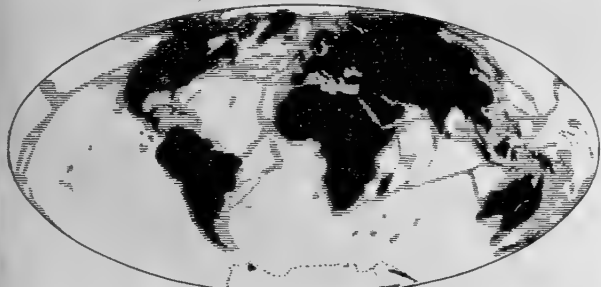
Die Methode der akustischen Lotung ist in den letzten drei Jahren außerordentlich vervollkommen worden, in Deutschland bekanntlich durch *A. Behm*, dessen EchoLOT sich in flachen Gewässern durchaus bewährt hat. Für die Zwecke der Tiefseelotung hat *Behm* eine besondere Form seines Lotes angegeben, bei dem photographische Registrierung zur Anwendung gelangt¹⁾. In einem späteren Aufsatz stellt der Erfinder einen neuen Kurzzeitmesser für Tiefseelotung in Aussicht. Von einer Anwendung dieser Verfahren *Behms* über große Tiefen ist bisher nichts bekanntgeworden, offenbar weil die Erlotung großer Meerestiefen nicht im unmittelbaren Interesse der praktischen Schifffahrt gelegen ist.

Für die Wissenschaft hat jedoch die Vervollkommenung der akustischen Lotmethode gerade nach dieser Richtung außerordentliche Bedeutung. Von ihrem Standpunkte aus kann der Schelf fast aller Kontinente und Inseln als gut vermessen gelten, dagegen die gewaltigen Flächen der Tiefsee als nahezu unbekannt. Nur die Nebenmeere und im freien Ozean wenige bevorzugte Kabellinien weisen mehr als eine Tiefseelotung in einem Gradfeld auf (vgl. Fig.).

Groll errechnete einmal, daß noch 26 400 Lotungen angestellt werden müßten, um in allen Gebieten von mehr als 3000 m Tiefe eine Lotung auf einem Gradfeld zu besitzen, eine Aufgabe, die bei der bisher üblichen Methode ungeheure Kosten und einen Zeitraum von Jahrzehnten, wenn nicht Jahrhunderten erfordern würde. Den schönen Tiefenkarten von *Groll* liegen rund 15 000 Lotungen zugrunde, wovon der größere Teil auf Tiefen oberhalb 3000 m fällt. Aber auch dann, wenn jedes Gradfeld eine Lotung aufwiese, so wäre uns der Meeresboden nur in seinen großen Zügen bekannt, kämen doch dann erst 4—5 Lotungen auf eine Fläche von der Größe der Schweiz.

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 1923, H. 9, S. 149 ff.

Bei diesem Stande unserer Kenntnis darf man es als den Beginn einer neuen Epoche in der Erforschung der Meerestiefen bezeichnen, daß es während der Fahrt des U. S. S. „Stewart“ von Newport (nördl. New York) nach Gibraltar in der Zeit vom 22. bis 29. Juni 1922 gelang, nicht weniger als 200 akustische Tiefseelotungen, im Maximum bis 5852 m Tiefe, auszuführen. Die Ergebnisse sind in Form eines Bodenprofiles mit eingeschriebenen Tiefenzahlen und einer Karte mit Schiffsroute und Positionen auf der Rückseite der „Pilot Charts“ Februar 1923 des „Hydrographic Office“ in Washington veröffentlicht. Die äußerst knapp gehaltene Erläuterung besagt folgendes: „In den Gewässern von weniger als 100 Faden Tiefe wurden die Tiefen erhalten durch Messung des Winkels zwischen der Verbindungslinie der Empfänger und des vom Meeresboden reflektierten Schalls. Die Schallquelle war entweder die Schiffschraube oder ein Schallgeber, der im unteren Teile des Schiffsrumpfes angebracht war. Bei größeren Tiefen wurde die Tiefe ermittelt durch Messung des Zeitintervalls zwischen Schallerzeugung eines „Oszillators“ und Eintreffen seines Echos vom Meeresboden. Außerdem verwendete die „Stewart“ ihren Apparat zum Zwecke der Navigation bei bedecktem Himmel in der Gegend der



Die Verteilung der Tiefseelotungen. Weiß gelassen sind die Gebiete mit einer Tiefseelotung und weniger auf einem Gradfeld ($1^\circ = 111$ km). (Nach Zeitschr. Ges. f. Erdkde. Berlin 1911, S. 117.)

Josephine- und Gettysburg-Bank, desgleichen bei der Einfahrt in die Straße von Gibraltar.“

Wir erfahren nichts Näheres über die Konstruktion des Apparates und über die zugrunde gelegte Schallgeschwindigkeit, müssen daher die Zuverlässigkeit dieser Lotungen an denen auf gleicher Route vorliegenden Drahtlotungen prüfen. Konstruiert man auf Grund der im Institut für Meereskunde aufbewahrten Arbeitskarten von Groll, die in großem Maßstabe gezeichnet alle erreichbaren Lotungen enthalten, für den Reiseabschnitt Newport—Azoren das entsprechende Bodenprofil, so findet man in den Hauptzügen eine Übereinstimmung in den Ergebnissen beider Methoden. Jedoch ergeben sich im einzelnen bemerkenswerte Unterschiede. Die größere Zahl der akustischen Lotungen (125 gegenüber 50 Drahtlotungen) bedingt naturgemäß im allgemeinen ein abwechslungsreicheres Relief. Das bisher außerordentlich einförmige Profil löst sich in eine Folge von wenn auch sanft geneigten Einzelformen auf. Eine interessante Ausnahme hiervon macht das Gebiet zwischen 48° und 60° West. Auf einer Strecke von fast 900 km ergeben 33 akustische Lotungen einen völlig ebenen Meeresboden mit Tiefen zwischen 5050 und 5240 m, während die etwas nördlich davon gelegene Serie der Drahtlotungen gerade ein ziemlich unruhiges Relief andeutet. Noch eine zweite auffällige Tatsache erhellt aus dem Vergleich. In der überwiegenden Zahl von Fällen (38 von 50) ergeben die

akustischen Lotungen geringere Tiefen als die mit Lotmaschine und Draht ausgeführten, und zwar im Mittel aller Abweichungen 154 m, d. h. 4 % der mittleren Tiefe von 4500 m. Die Abweichungen sind begründet in den Fehlerquellen beider Methoden. Übereinstimmend haftet beiden Verfahren als empfindlichste Fehlerquelle die Unsicherheit der Ortsbestimmung auf offenem Meere an, die man im allgemeinen auf ± 1 Seemeile veranschlagt. Schon aus diesem Grunde kann man eine völlige Übereinstimmung zweier selbst nach gleichen Methoden durchgeführten Lotserien nicht erwarten. Bei der Drahtlotung treten ferner eine Reihe von Fehlerquellen auf, die sich aus dem Einfluß der Wasserbewegung auf Schiff und Lotdraht ergeben: Schiffsabtrieb, Schrägstellung des Drahtes, Ausbiegung desselben infolge Tiefenströmung, die sämtlich in gleichem Sinne, nämlich vergrößernd auf das Ergebnis wirken. Das stimmt mit den Erfahrungen der Kabelingenieure überein, die „im allgemeinen alle Tiefenangaben der Lotmaschinen im tiefen Wasser als um einige Meter zu groß ansehen. Wenn nämlich die mehrere Zentner schweren Kabelanker an ihren schweren Stahltauen auf die zuvor erlotete Tiefe hinuntergelassen werden, so treffen sie meist schon am Boden auf, ehe noch völlig die Meterzahl, die nach der Lotung auszugeben wäre, über die große Kabelwinde ausgelaufen ist“ (Stahlberg 1920, S. 36). Unser oben erhaltenes Ergebnis würde dem Sinne nach diese Erfahrung bestätigen, wenn auch 154 m wesentlich mehr ist als „einige Meter“. Den Fehlerquellen der Drahtlotung stehen die der akustischen gegenüber, die sich mangels systematischer Vergleichsmessungen und im vorliegenden Falle mangels näherer Angaben über den benutzten Apparat nicht abschätzen lassen. Zu berücksichtigen wäre 1. ein etwaiger Fehler in der angenommenen Schallgeschwindigkeit im Wasser (in Süßwasser bei 8° C 1435 m pro Sek.), verursacht durch Einflüsse von Temperatur, Salzgehalt und Druck, und 2. Fehler der Zeitmessung. Für die Schallgeschwindigkeit im Wasser gilt die Beziehung

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot K}}, \text{ worin } \rho \text{ die Dichte, } K \text{ die Kompressibilität}$$

bedeutet (vgl. Aigner 1922, S. 43 ff.). Da die Kompressibilität den drei Größen (Temperatur, Salzgehalt, Druck) umgekehrt proportional ist und andererseits der Einfluß des Salzgehaltes auf die Dichte durch die umgekehrte Wirkung der Temperatur nahezu kompensiert wird, so ergibt sich, daß die Schallgeschwindigkeit mit steigender Temperatur, steigendem Salzgehalt und Druck zunimmt. Die Nichtberücksichtigung dieser drei Faktoren muß also zu einer zu kleinen Wassertiefe führen. Dieser Fehler würde ebenfalls im Sinne unserer oben gefundenen Abweichungen liegen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das amerikanische Bodenprofil der ersten akustischen Lotungen der Tiefsee in den großen Zügen ein durchaus plausibles Bild des Reliefs ergibt, daß es aber noch systematischer, bis zu großen Tiefen durchgeführter Vergleichsmessungen zwischen beiden Methoden bedarf, um die vorhandenen anscheinend einseitigen Differenzen zu erklären. Die Vervollkommenung dieser neuen Methode, die sich unschwer auf jedem Schiff während der Fahrt anwenden läßt, ist von nicht abzuschätzender Bedeutung für die Morphologie des Meeresbodens¹⁾.

Georg Wüst.

¹⁾ Nach Mitteilung von Herrn Prof. H. Maurer haben die Amerikaner neuerdings akustische Tiefseelotungen auch im Mittelländischen Meer, Indischen und Pazifischen Ozean durchgeführt bzw. begonnen.

Literatur.

- Franz Aigner*, Unterwasserschalltechnik, Berlin 1922.
A. Behm, Das Behm-Echolot. Annalen der Hydrographie 1921, S. 241.
 Derselbe, Über die Weiterentwicklung des Behm-Lotes und das Prinzip des Kurzzeitmessers. Ebenda 1922, S. 289.
Pilot Chart, Febr. 1923. Graphic representation of soundings taken by U. S. S. „Stewart“ with Sonic Depth Finder. Hydrographic Office, Washington.
Max Groll, Tiefenkarten der Ozeane. Veröff. Inst. f. Meereskunde, N. F. Reihe A, Heft 2, Berlin 1912.
Walter Stahlberg, Die Ermittlung der Meerestiefe. Sammlung Meereskunde Heft 154/155, Berlin 1920.

Besprechungen.

Hinneberg, Paul, Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. III. Teil, 5. Abtlg. Anthropologie, unter Leitung von *G. Schwalbe* und *E. Fischer*. Bearbeiter: *E. Fischer*, *R. F. Graebner*, *† Moritz Hoernes*, *Th. Mollison*, *A. Ploetz*, und *† G. Schwalbe*. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1923. VIII, 684 S., 102 Abbildungen und 29 Tafeln. 18 × 27 cm.

Ein umfassendes und gut ausgestattetes Werk. Bedauerlich bleibt es nur, daß das Buch nicht bis zum Erscheinungsjahr fortgeführt wurde; neu daran ist eigentlich nur die Einleitung vom Jahre 1922, und so wird jedem Studenten, der sich mit dieser außerordentlich wichtigen Materie befassen muß, die Mühe auferlegt, viele andere und leider nur kurz angeführte Literatur durcharbeiten. Auf alle Fälle bleibt die Anlage des Werkes interessant und dankenswert.

E. Fischer gibt zuerst eine gute Darstellung über „Begriff und Geschichte der Anthropologie“.

Mollison bringt „Technik und Methode der physischen Anthropologie“ eine Beschreibung verschiedener von ihm und anderen Gelehrten konstruierten Apparate. Auf weiteren neunzig Druckseiten erörtern nun *Fischer* und *Mollison* gemeinsam die „Allgemeine Anthropologie“. Hier wirkt etwas befremdend das allzu deutliche Bestreben, den immerhin nicht ganz unbedeutenden Fund des *Homo Mousteriensis* und die von *Klaatsch* daran erkannten und begründeten Eigentümlichkeiten mit viel Stillschweigen zu übergehen. Mehr Anerkennung wird den Arbeiten von *Marcelin Boule* in Paris und dem Schädel von La Chapelle-aux-Saints gewidmet, obwohl eigentlich bekannt sein dürfte, daß die Finder dieses Diluvialschädels erst lange Wochen nach der Entdeckung Fachleute zur Festlegung des Fundhorizontes auf den Platz geführt hatten. Die Arbeiten von *Klaatsch*, dem genialen Führer der modernen Anthropologie, werden mit der einzigen Bemerkung abgetan: „die Anthropologie dankt *Klaatsch* reiche Förderung“. Nun wird die Tatsache der Bestattung des *Homo Mousteriensis* in Zweifel gezogen; etwas unangenehm könnte man dadurch berührt sein. Fünfzehn Jahre nach dem wichtigen Fund und sieben Jahre nach dem Tode von *Klaatsch* werden diese Forschungsergebnisse nun mißdeutet. Meine stratigraphisch-topographisch unbedingt einwandfrei ausgeführten Ausgrabungen brauche ich wirklich heute nicht mehr zu verteidigen.

Es ist anzuerkennen, daß *Fischer* in seinem Abschnitt „Rassenlehre“ versucht, dem viel zu weit gehenden Begriff „Rasse“ durch Festlegung von anthropologisch umgrenzten Kreisen entgegenzuarbeiten. Auf diesem Wege gelangen wir zu einer klaren Übersichtlichkeit anthropologischer Variationsunterschiede auf geographisch relativ eng umschriebenen Gebieten. Ich

gehe mit *Fischer* vollständig einig, wenn er die bisherige archäologische Fixierung der „Cro Magnonrasse“ als unhaltbar bezeichnet (S. 156). Meine wiederholten Kontrollgrabungen in Cro Magnon (1898, 1899, 1905, 1907, 1911, 1912) haben mir Belege für die Unhaltbarkeit der landläufigen und willkürlichen stratigraphischen Behauptungen des Cro Magnonhorizontes an Hand gegeben. — Im Interesse der Menschforschung läge es, wenn Männer wie *E. Fischer* sich mehr mit den von mir einwandfrei ergrabenen Tatsachenbefunden befassen möchten. Theorie und Praxis, Anthropologie und Diluvialarchäologie könnten in voraussetzungsloser Zusammenarbeit Großes leisten; seit dem Tode *Klaatschs* ruht leider diese Gepflogenheit und deshalb tragen die wenigen seither erschienenen anthropologischen Veröffentlichungen einen unverkennbaren Zug ins Kleinliche.

Es ist gut, daß *E. Fischer* die Schädelkunde von Grenelle (S. 158) auf den richtigen Horizont reduziert; denn *Rutot* hat gerade hierin eine heillose Verwirrung geschaffen. Die Deutung der Grimaldirasse — ihre Ausgrabung ist ohne Zuhilfenahme der modernen Ausgrabungstechnik erfolgt — dürfte sich durch Heranziehung mittlerweile neu gewonnener Gesichtspunkte erweitern lassen. In der Richtigstellung der „Pygmäenrasse“ vom Schweizerbild erwirbt sich *E. Fischer* unbestreitbar ein Verdienst. Vollauf muß man ihm auch beipflichten, wenn er die von *Kossina*, *Wilke*, *Hahne* u. a. etwas reichlich „kriegsbeeinflusste“ Indogermanenforschung als eine Aufgabe der historischen Anthropologie bezeichnet und sie auf ein logisches Maß zu reduzieren versucht. Sehr interessant lesen sich die Fischerschen Ausführungen über Ägypter, Hottentotten, Neger, Wedda, Melanesier und Eskimo. Damit schließt ein erster und großer Teil des Werkes ab, und *G. Schwalbe* († 1916) hat auf 114 Seiten das Wort über „Die Abstammung des Menschen“.

Schwalbe gibt eine instruktive Auseinandersetzung im Streit der Meinungen, ob Konvergenz oder Verwandtschaft dann anzunehmen sei, wenn Übereinstimmungen im Organisationsaufbau von Mensch und Tier die Frage nach der Abstammung des ersteren aus dem letzteren aktuell werden lassen. Eine abschließende Antwort ist einfach noch nicht möglich. Viele Verbindungsglieder fehlen; auch die Paläontologie wird sie nicht restlos zu geben vermögen. Allzu viele Träger wichtigster Primitivzustände sind m. E. in nicht-konservierende Schichten gelangt und ihr Fehlen kann nur durch logisch aufgebaute Brücken ersetzt werden. Der menschliche Stammbaum bleibt vorläufig bis zu einem gewissen Grade hypothetisch, und mit Recht verlangt *Schwalbe*, daß die Abstammungslehre des Menschen nur auf Grund vergleichend-anatomischer Betrachtungsweise aufgebaut werde.

Schwalbe teilt die Beweise zur tierischen Abstammung des Menschen in anatomische, embryologische, physiologische und pathologische. Er zeigt schon an den rudimentären Organen, wie diese, nach *Wiedersheim*, zu Zeugnissen seiner Vergangenheit werden. Die Atavismen werden leider nur kurz behandelt, aber ihre geistvolle Gruppierung zeigt, daß man nicht immer an Anklänge überwundener Entwicklungsstadien zu denken braucht, des öfteren weit eher an noch weit vorausliegende, progressive Umbildungen. Daß rudimentäre Organe oft im embryonalen Zustand deutlicher ihre Herkunft aus niederen Formen verraten, wird dann in einem glänzend gestalteten Kapitel eingehend behandelt. Der Blutreaktion von *Friedenthal-Uhlenhuth* sind weitere fesselnde Ausführungen gewidmet.

Die Systematik der Primaten zeigt, daß eine völlige Übereinstimmung in der Stellung zwischen Halbaffe und Primaten noch nicht erzielt ist. Auf die ernsthaften Untersuchungen *Adloffs* konnte in diesem Kapitel leider „nicht eingegangen werden“. Mit beachtenswerter Gründlichkeit wird der Homunculus von *Ameghino* auch an dieser Stelle ins Reich irreführender Phantasie verwiesen. Über die allgemeine Abstammung der Primaten geht *Schwalbe* dann zu der zoologischen Stellung des Menschen innerhalb der Primaten und verknüpft die Frage menschlicher Abstammung eng mit derjenigen der Menschenaffen, worin man ihm nur beipflichten kann. Nicht zu verstehen aber ist es, wenn *Schwalbe* behauptet, man könne Mensch und Anthropoide nicht auf eine Entwicklung aus gleicher Urwurzel reduzieren und sie so nebeneinander evolvieren lassen. Mir will scheinen, daß mit der nun folgenden kurzen Randbemerkung (S. 271) die genialen Forschungen von *Klaatsch* ebenso wenig abgetan werden können wie die Herausgabe seines Nachlaßwerkes durch *Heilborn*. Hart stößt da eben Meinung auf Meinung und letzten Endes bleibt eben alles doch nur Denkmöglichkeit. Damit leitet *Schwalbe* über zum Diluvialmenschen und klassiert ihn auf der kulturgeologischen Einteilung von *Penck*. Hier pflichte ich *Schwalbe* unbedingt bei. Wir besitzen noch keine bessere, klarere und prägnantere Einteilung als wie sie uns *Penck* gegeben hat, und alles was inzwischen dagegen versucht worden ist, bleibt Irreführung und müßiges Bemühen. (*Hugues Obermaier*, *Joseph Bayer* u. a.) Die paläozoologischen Befunde müssen aber, das haben wir wohl inzwischen auch gelernt, mit etwas größerer Vorsicht als Belege für klimatische Vegetationswandlungen herangezogen werden. Ich erinnere u. a. nur an die Ergebnisse der Untersuchungen von *Stromer* über die Ochetonidae Südafrikas.

Der Begriff „eolithische Kultur“ verwirrt heute noch viele Köpfe, denen es nicht vergönnt war, durch lange Praxis die Evolution ältester Kulturen auch intuitiv zu erfassen.

Die Funde aus Krapina und Ehringsdorf werden wohl noch verschiedentliche Umarbeitungen über sich ergehen lassen müssen, und zwar besonders dann, wenn die ungeheuer wichtigen und noch völlig verkannten Schädel aus Prédmost einmal in richtige Beziehung zu ihrem exakten stratigraphischen Fundhorizont gebracht werden. Heute möchte ich nur darauf hinweisen, daß Prédmost für Anthropologen und Diluvialprähistoriker noch viel ungelöste Probleme umschließt. Man sehe sich einmal den männlichen Schädel von Prédmost an, seine Supraorbitalwülste, das Gesichtsskelett und dann die dazu gehörige mandibula; man vergleiche das alles mit dem Frauenschädel und prüfe dann die zum Männerschädel angeblich zugehörigen sogenannten „Solutréenfunde“. Prédmost liefert aber auch für die Diluvialgeologen ein kleines Rätsel: einen in einem Travertinblock eingeschlossenen, rezenten Unterkiefer!?

Auf S. 284 hat sich ein kleiner Irrtum eingeschlichen: der Schädel des Homo Mousteriensis wurde nicht 1907 von *Hauser* gemacht und 1908 von *Klaatsch* und *Hauser* gehoben, sondern 1908 entdeckt und gehoben. Über die von *Schwalbe* bemängelte Zusammenstellung des Schädels durch *Klaatsch* brauche ich mich nicht weiter zu äußern. Ich erinnere nur daran, daß die Gegner von *Klaatsch*, die das wertvolle Dokument wieder auseinander zu nehmen und neu zu gestalten hatten, bei dieser Arbeit wohl heute noch säßen, wenn ihnen *Klaatsch* nicht gezeigt hätte, wohin einzelne Fragmente gehörten. Und was man mit der brutalen

Abmeißelung an den Kieferplatten, gegenüber der ursprünglichen Zusammenstellung erreicht hat, wissen die Fachleute am besten und jedem mitleidigen Laien wird es augenfällig.

S. 285 sagt *Schwalbe*, daß die Bestattung des Homo Mousteriensis eine zweifellos feststehende Tatsache sei und S. 291 meint er, die Bestattung erscheine ihm doch nicht annehmbar, denn der arme Urmensch habe doch eigentlich noch nichts besessen, sei kulturlos gewesen und verstand noch nicht einmal, sich Haustiere zuzulegen. Diese Logik will mir recht merkwürdig erscheinen. Auf Grund meiner 25jährigen praktischen Tätigkeit auf dem Gebiete der Diluvialarchäologie habe ich bis jetzt geglaubt, daß der Grad einer immerhin nicht abzuleugnenden und sich stetig steigenden „Kultur“ des Urmenschen am besten an der Evolution der Artefakte abzuschätzen wäre. Jedenfalls ist *Schwalbes* Annahme einer Nichtbestattung, weil der Urmensch „keinen anderen Kulturbesitz hatte, als nur Steinwerkzeuge“ unhaltbar.

Mit dem Ende des Mousterien (S. 292) tritt keineswegs, wie *Schwalbe* meint, „der jetzt lebende Mensch in Erscheinung“. Die Funde von Krapina, Prédmost, Ehringsdorf, Mitteldeutschland, Wildkirchli, Cotencher, La Micoque u.s.f. werden hierüber noch wichtige Aufschlüsse zu geben vermögen.

Der Eoanthropus Dawsoni wird von *Schwalbe* mit vollem Recht negiert; der Piltownfund schaltet als menschliches Dokument vollständig aus und Pithecanthropus erectus stellt wohl nur ein Mittelglied zwischen Menschenvorläufer und Urmenschen dar. Die „Aurignackkulturüberreste“, von denen *E. Fischer* im Zusammenhang damit (S. 296) spricht, dürften sich bei genauere Prüfung als etwas ganz anderes herausstellen. — S. 306, Zeile 8 von oben müßte es heißen: Aurillac, statt Aurignac. — Leider fehlen Angaben über den entwicklungsgeschichtlich hochbedeutenden Fund von Rhodesia, der in einem so umfassenden Werk vom Jahre 1923 unbedingt hätte berücksichtigt werden müssen.

Schwalbes Kapitel „Menschwerdung“ zeigt, wie sehr wir leider noch auf Hypothesen angewiesen sind und wie viel unproduktive Energie im Streit der Meinungen verloren geht. *Schwalbe* betont ausdrücklich, daß die ältesten Reste des Menschen bis jetzt nur aus dem Beginn des Quartärs zu finden seien, die ältesten Anthropoiden aber gehen zurück bis ins Tertiär, und wenn man die Gibbons und ihre Vorläufer mit hinein beziehen wolle, sogar bis ins Oligozän. Menschenreste aber seien noch aus keiner Tertiärschicht gefunden. Die fossilen Anthropoiden des Tertiärs und Oligozäns seien, so meint *Schwalbe*, relativ kleine Wesen. Wollten wir nun aber mit *Klaatsch* einen Urmenschenvorläufer da hinein denken, so würde er als nicht zu verstehendes riesenhaftes Wesen erscheinen und außerhalb der Entwicklungslinien liegen, die *Schwalbe* für allein richtig in Anspruch nimmt. Somit glauben *Schwalbe* und *Fischer* die spezifisch menschliche Formbildung erst aus den Formen des Miozäns ableiten zu müssen.

Hier liegt der Schwerpunkt der sich bekämpfenden Hypothesen von *Schwalbe* und *Klaatsch*. *Schwalbe* geht noch etwas weiter und sagt, wenn man den Urmenschenvorläufer schon mit den kleinen Miozänaffen zusammenleben lassen wolle, würde man besser daran tun, den Menschen gleich als „außernatürlichen Schöpfungsakt“ zu erklären! Aber gerade hier hat die grandiose Denkmöglichkeit *Klaatschs* vielleicht den größten Anspruch, berücksichtigt zu werden. Wenn alle vergleichend-anatomischen Deduktionen nur in dem von

Schwalbe angeführten Endresultat gipfeln, dann gehen sie kaum über den Wert einer persönlichen Ansicht hinaus. Er hat an anderer Stelle zugegeben, daß die fossilen Anthropoidenformen wenig Abweichung von den heutigen zeigen: eine Entwicklung, wie sie die Gattung *homo* durchgemacht, ging ihnen also ab, es fehlte ihnen gewissermaßen das Wachstumsmoment. Nun ist nicht ersichtlich, weshalb der Urmensch bis zum Quartär nicht eine höhere Stufe hätte erreichen können, als die Anthropoiden, und weil er sie tatsächlich erreicht hatte, ist der große *Klaatsch*sche Ideen- gang keineswegs durch die Hypothesen *Schwalbes* erledigt. Hier könnte auch *Klaatsch* nur entgegenen, daß gerade *Schwalbes* letzte Folgerung ein Beweis für die Diskutierbarkeit seiner eigenen Theorie abgäbe. Es ist auch biogenetisch kaum auszudenken, daß die Gattung *Homo* auf der verhältnismäßig kurzen Strecke Miozän-Quartär aus der Affenhaut in die eines Menschen geschlüpft sein könnte, während sie es auf dem noch kürzeren Weg vom Beginn des Quartärs bis zum Magdalenien rasch vom *homo neandertaliensis* bis zum grazilen Höhlenkünstler, in knapp 300 000 Jahren, gebracht haben sollte. Es ist möglich, daß die *Klaatsch*sche Theorie einer orangoiden und gorilloiden Wurzel noch der Erhärtung durch weitere Tatsachenfunde bedarf. Aber jedenfalls zeigt gerade der Gipfelpunkt aller *Schwalbes*chen Darlegungen, daß die Annahme von *Klaatsch* — gemeinsame Urwurzel von Anthropoiden und Urmenschen — keineswegs als widerlegt zu betrachten ist und von ihrer Logik nichts eingebüßt hat. Wenn *Fischer* in einer lapidaren Anmerkung erklärt, daß die Ansichten von *Klaatsch* in Anthropologenkreisen nicht geteilt werden, so ist damit für die *Klaatsch*schen Schlußfolgerungen noch lange kein Gegenbeweis erbracht.

Auf 100 Druckseiten folgt nun die *prähistorische Archäologie von Moritz Hoernes*.

Wir wissen alle, mit welch umfassendem Geiste *Moritz Hoernes* sich den urgeschichtlichen Kulturproblemen gewidmet hat. Ein glänzendes Denkmal wird seinem Schaffen gerade mit diesem Teil gesetzt. Der Tod hat den genialen Prähistoriker viel zu früh abgerufen. Vieles aus den neuen Forschungsergebnissen konnte *Hoernes* nicht mehr verarbeiten und ich weiß aus der mit ihm gepflogenen Korrespondenz, daß er sich den neuen Tatsachenbefunden gegenüber keineswegs ablehnend verhielt. Die vorliegende Arbeit ist leider schon vor beinahe zehn Jahren abgeschlossen worden und daher nur noch in allgemeinen Umrissen gültig. Die vielen Abbildungen begleiten den Text in vorbildlicher Weise.

Mit 150 Seiten folgt die *Ethnologie von E. Graebner*.

Nach einer historischen Einleitung läßt der Verfasser alle Kulturkreise vor uns erstehen und unterstützt seine Darlegungen durch reichen Tafelschmuck. Seine Ausführungen werden zu einer glänzenden Grundlage einer wirklichen Weltgeschichte gerade derjenigen Gebiete, die sonst abseits vom Wege liegen bleiben. Die Ethnologie eröffnet uns erst notwendige retrospektive Analysen zur Urzeit und vermittelt Verständnis für Gegenwart und Zukunft. Ein großes Literaturverzeichnis öffnet uns die Quellen zum Weltverstehen.

Die letzten 70 Seiten der „Anthropologie“ führen uns in Neuland.

Alfred Ploetz bringt einen fundamentalen Abriß zur *Sozialanthropologie*. Er nennt sie ein Grenzgebiet zwischen Anthropologie und Soziologie; aber dieses Grenzgebiet wird sich bei sachgemäßer Pflege sehr bald zu einem Wissenszweig herausbilden, der für Ge-

lehrte und Politiker, für Volkswirtschaft und Handel von unbedingter Notwendigkeit ist.

Es war m. E. eine glänzende Idee, gerade dieses Kapitel als Abschluß einer Anthropologie im weitesten Sinne zu stellen. Mehr und mehr muß sich die Erkenntnis Bahn brechen, daß die Wissenschaft vom Menschen keine Materie ist, die von Fernstehenden nicht auch erfaßt werden könnte. Die richtig verstandene Anthropologie wird zur Lehrmeisterin der Menschen.

O. Hauser, Berlin.

Hulth, J. M., Bref och skrifvelser af och till Carl von Linné. 1. Afdelningen, del 8: bref till och från Svenska enskilda personer, Kalm—Laxman. Upsala 1922. 200 S.

Die umfangreiche, von der Universität Upsala veranstaltete Herausgabe von *Linnés* Briefwechsel zieht mit diesem Band einige Zeitgenossen des großen Naturforschers in ihren Kreis, deren Mitteilungen von der Begeisterung der Entdeckungen im Zeichen der neuen Methode durchweht sind. Manche interessanten Angaben finden sich darin, die die Zivilisation der damaligen Zeit spiegeln; manche persönliche Bemerkung läßt berühmte Gelehrte, die meist nur aus ihren Werken bekannt sind, menschlich etwas lebendig werden. Von diesem allem kann hier nicht gesprochen werden; nur einige botanische Notizen mögen herausgegriffen werden.

Von *Peter Kalm*, einem der bekanntesten Schüler *Linnés*, enthält das Buch nicht weniger als 40 Briefe. Auf Reisen in Schweden und Rußland, auf denen er seinen Gönner *Baron Bjelke* begleitet, sehen wir ihn bemüht, die von *Linné* beschriebenen Pflanzen wiederzuerkennen; mit aufmerksamem Blick erfaßt er die phänologischen und geographischen Besonderheiten der ihm fremden Floren. Es wundert uns nicht, daß *Linné* ihn nach dieser guten Vorbereitung durch die von ihm gegründete Akademie nach Nordamerika schicken läßt. Einige Heil- und Nutzpflanzen, meint er in einem Schreiben an *Kalm*, sollen die Kosten der Reise einbringen, die wissenschaftlichen Ergebnisse die Schriften der Akademie bereichern. So hören wir von dem Reisenden, wie er nach einigen Zwischenfällen um die Jahreswende 1747/48 über Norwegen nach London gelangt und Ende 1748 in Philadelphia seinen Wohnsitz nimmt. Auch hier beweist er Sinn für die vergleichende Floristik und macht sich auf Grund von Beobachtungen über Akklimatisation Gedanken über die Klimabedingungen der ihm neuen Flora. Eine Reise nach Quebec gibt ihm Gelegenheit u. a. die Abnahme der Artenzahl in nördlicher Richtung zu bestätigen, die sein Meister in Lapp-land gefunden hatte. Besonders beachtenswert erscheinen ihm zwei Gattungen: *Nelumbium* — „ein Sumpfgewächs, das einem aus Ägypten beschriebenen gleicht“ — und eine *Andrömæda*, die eher einer *Pirola* ähnelt und in zwei Arten vorkommt: die später von *Linné* ihm zu Ehren *Kalmia* benannte Ericacea. Nach seiner Rückkehr (1751) sehen wir *Kalm* mit der Herausgabe seiner Reiseschilderung beschäftigt. Die Beschreibung der neuen Arten schiebt er *Linné* zu, indem er dessen edelmütiges Angebot, sie selbst zu veröffentlichen, mit dem Hinweis auf den uneigennütigen Dienst der Wissenschaft ablehnt, sich auch die Benennung nach seinem Namen verbittet. In Abo in Finnland, wo er Professor wird, versucht er dann, die mitgebrachten Samen auszusäen. Fast muß er Geisteslicher werden, um Land zur Verfügung zu bekommen; schließlich geht es aber auch ohne dies Opfer, und er erlebt die Freude, seine Pflanzen keimen,

wachsen und blühen zu sehen, sogar Früchte von einem zweijährigen Ahorn ernten zu können. Im übrigen ist er nun mit der Flora seines Wohngebietes beschäftigt; er kann z. B. die zirkumpolare Verbreitung von *Andromeda calyculata* feststellen, die er aus *Linnés* Kamtschatkapflanzen und von Quebec her kennt und die ihm dann durch einen Studenten von einem finnischen Standort gebracht wird. Den Plan, als Ablösung für den Probst einer schwedischen Gemeinde wieder nach Nordamerika zu gehen, hat er nicht ausgeführt.

Briefe verschiedener Leute, die Persönliches und Anfragen über Pflanzen, Tiere und Mineralien enthalten, sollen samt *Linnés* Antworten hier übergangen werden mit Ausnahme eines kleinen Ereignisses, das in botanischen Gärten leicht vorkommen kann: *Linné* hatte einen mit größter Vorsicht beförderten Teestrauch aus Indien lebend erhalten; als dieser aber nach zwei Jahren blühte, erwies er sich als unecht.

Hervorzuheben sind dagegen die langen Berichte *Erich Lazmans*, der als deutsch-lutherischer Pfarrer in Sibirien, von *Linné* angeleitet viele Arten aus der dortigen Flora mitteilt und genau beschreibt, z. B. *Koeleria paniculata*, *Cortusa Gmelini*, *Rhododendron dahuricum*.
Fr. Markgraf, Berlin-Dahlem.

Hagen, Werner, Die deutsche Vogelwelt nach ihrem Standort. Magdeburg, Creutzsche Verlagsbuchhandlung, 1922. VIII, 188 S., 74 Textabbildungen und 4 doppelseitige Tafeln. 15 / 22 cm.

Auf den Zweck, dem *Hagens* Büchlein gelten soll, weist der Untertitel hin: Ein Beitrag zur Zoogeographie Deutschlands und zugleich ein Exkursionsbuch zum Kennenlernen der Vögel. Je mehr man sich in das Werkchen vertieft, um so mehr gelangt man zu der Überzeugung, daß die zoogeographischen Betrachtungen dem Verfasser als die Hauptsache erschienen. Der Zusatz ist wohl nur hinzugefügt, um einen größeren Leserkreis auf das Buch hinzuweisen. Dabei drängt sich uns aber unwillkürlich der Gedanke auf, daß dieser Gesichtspunkt nicht gerade der geeignetste war, wenn es sich darum handeln soll, einen Anfänger mit der Vogelwelt unseres Vaterlandes vertraut zu machen. Vermag doch erst ein ziemlich erfahrener Vogelkenner die Einzelbeobachtungen in solche Gedankenkreise richtig einzuordnen. Selbst der Verfasser war ja gezwungen, viele seiner geneitselen Erklärungen nur mit großem Vorbehalt anzuführen. In einem verhältnismäßig elementaren Buch sind aber Erklärungen, die über ein „wohl“ „vermutlich“ usw. nicht hinausgelangen, leicht vom Übel. Außerdem führt die Betrachtungsweise der Vogelwelt nach Standorten, was die einzelnen Spezies angeht, oft zu Wiederholungen, die der angehende Feldornithologe, der Wesen, Aussehen und Stimmen der Vögel kennen lernen will, um so schmerzlicher empfindet, als der Raum an und für sich sparsam bemessen ist. Aus diesen Gründen dürften die Schriften von *Voigt* und *Hoffmann* gerade dem Anfänger wertvollere Dienste leisten.

Doch wir täten dem wackeren Vogelwärter am liebsten Strände bitter Unrecht, wenn wir uns auf diese negative Kritik beschränkten. Gerade an ornithologischen Büchern dieses Umfangs und dieser Preislage ist kein Überfluß, und es ist doch eine alte Erfahrung, daß der Naturfreund, der seinen *Voigt* und *Hoffmann* mit Nutzen gebrauchte, sich bald nach anderer anregender Kost umsieht. Er soll an *Hagens* Büchlein nicht vorübergehen, zeigt ihm der Lübecker Ornithologe doch den Weg vom rein sinnlichen Beobachten zum selbständigen Denken, diesen Weg, den jeder wandern muß, dem die Beschäftigung mit der Natur wirklich

einen Ertrag bringen soll, der seine trüblige Mühe lohnt. Dabei möchten wir eigens hervorheben, daß die Abschnitte über Wasser-, Sumpf- und Strandvögel, wo *Hagen* vom ersten gab, auch rein sachlich betrachtet, wesentlichen Wert besitzen.

Sehr wichtig, und zwar besonders für den Anfänger, sind dann auch die zahlreichen Abbildungen. Versteht es sich wohl *Wolfgang* als ein Künstler, der nicht ausgestopfte Federhühner zeichnet, sondern mit der seelischen Eigenart der einzelnen Spezies wohl vertraut ist, auch mit dem farbigen Holzschnitt die Arten so darzustellen, daß seine Bilder nicht nur ein Buchschmuck, sondern ein treffliches Anschauungsmittel sind, nach dem man die Vögel in der Natur zu erkennen vermag. Wer Bilder wie das der Weidenpieper, der Spezien Würger und Hammerkopfe nicht ansetzen kann, dem wäre wohl auch mit farbigen Bildern kaum geholfen.

So dürfen wir denn dem *Hagens* Werkchen das zusammenfassende Urteil fällen, daß es wohl nur wenige Leser seinen ganzen, vielfachen Inhalt recht bewundern werden, daß es aber jedem Lesenden nützt. Und deshalb sollte es der angehende Ornithologe, so bald als möglich neben seinen *Voigt* und *Hoffmann* stehen.

Fritz Braun, Innsbruck-Lengfeld.

Mohs, Karl, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiete der Mülerei und Bäckerei. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1922. 68 S., 16 / 24 cm.

In dem vorliegenden Büchlein wendet sich Verf. zunächst an die Praktiker des Mülerei- und Bäckergewerbes. Gerade beim Studium der Vorzüge, die bei der Reifung des Getreidekornes, bei der Lagerung und Vermahlung des Getreides sich ausprägen, und bei der viel umstrittenen Frage der Backfähigkeit des Mehles hat uns die Kolloidchemie so viele neue Gesichtspunkte und Anregungen geliefert, daß es uns Freude zu begrüßen ist, daß Verfasser unternommen hat, in leicht faßlicher Form seine Leser mit kolloidchemischen Begriffen vertraut zu machen. Er bezieht sich der von *Th. Graham* aufgestellten Definition für Kristalloide und Kolloide. Dann werden sich freilich Schwierigkeiten der Analyse, Quellungs- und Sol-, Gele und Koagula. An Beispielen werden die einzelnen Phasen der Zustandformen erläutert. Seit allgemein festgestellt sich Verh. mit dem wässrigen Kolloid: Eiweiß, besonders mit dessen Bildung während des Wuchstums und der Reife des Getreidekornes. Kolloidchemisch betrachtet, besteht die Mehl- u. Kornes eine allmählich fortschreitende Aufwässerung der Eiweißkörper zu den Eiweißgele und bei der Nachreifung zu den Koagulen. Auf der vorerwähnten Quellbarkeit der hauptsächlichsten Eiweißarten der Getreidearten, des Gliadins und Glutenins, drücken nach Ansicht des Verf. zum größten Teil die Verschiedenheiten zwischen ausländischen und inländischen Weizenarten in bezug auf deren Backfähigkeit beruhen. Bei der Vermahlung des Getreides, bei der Teigbereitung, der Teiggärung und dem Backprozeß erfahren wir, daß aus den flüssigen oder starren Gelen durch Quellung wieder die ursprünglichen Gele entstehen. In eingehender Weise führt uns Verf. die Kleberbildung und dessen Eigenschaften bei der Teigbereitung im Lichte kolloidchemischer Anschauung vor und kommt dann zu der für Müller und Bäcker gleich wichtigen Frage der Backfähigkeit der Mehle. Die zur Festlegung dieses Begriffes angearbeiteten Verfahren werden geschildert und besonders eine Methode eingehend beschrieben, welche die Viskosität der Teiglösungen bestimmter Konzentration als Maßstab der weichen Back-

fähigkeit des Getreides aufstellt. Verf. macht sich die Anschauungen W. Ostwalds zu eigen, die letzterer in einer Denkschrift „Über kolloidchemische Probleme bei der Brotbereitung“ niedergelegt hat, doch betrachtet er nicht, wie dies Ostwald tut, das Wasser als Dispersions- oder Verteilungsmittel des Teiges, sondern den den ganzen Teig durchsetzenden Kleber, der auch beim ausgebackenen Gebäck als das die Porenwände bildende Material in Erscheinung tritt.

Der zweite Abschnitt behandelt die enzymatische Kraft der Mehle, die sich in der Hauptsache aus der Stärke- und der eiweißabbauenden Wirkung der Diastase und der Peptase zusammensetzt. Die Eigenschaften und die Fähigkeit dieser beiden Fermente werden in einleuchtender Weise geschildert, wobei sich Verf. auf die von Abderhalden und Fodor ausgesprochene Anschauung stützt, daß die Fermentwirkung an sich und der Grad ihrer Tätigkeit in der Hauptsache auf der Art ihrer kolloidalen Zustandsform, also ihrer physikalischen Eigenschaften, und erst in zweiter Linie auf ihrer chemischen Zusammensetzung beruht. Ein ausführliches Literaturverzeichnis der kolloidchemischen Literatur erhöht den Wert des vorliegenden Werkes. C. Brahm, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Erdrotation und tektonische Bewegungen der Erdkruste

Auf die Mitteilung von Herrn Fr. Nölke in Heft 11 (Seite 207—208) der „Naturwissenschaften“ sei mir eine kurze Erwiderung gestattet. In Heft 6 (Seite 87 bis 88) dieses Jahrganges machte ich darauf aufmerksam, daß die Erdrotation unter gewissen Bedingungen tektonische Bewegungen der Erdkruste beeinflussen müsse, und wies darauf hin, daß diese Einflüsse sich, je nach der Art der sie erzeugenden vertikalen Bewegungen, in horizontaler Richtung als Zusammenschub, Zerrung, Torsion, bzw. in kombinierten Wirkungen äußern könnten.

Herr Nölke unternimmt nun den rechnerischen Nachweis, daß die Faltengebirge der Erde viel ausgedehnter und massiger seien, als daß sie durch die von mir herangezogenen Verschiebungskräfte entstanden sein könnten, was den Eindruck hervorzurufen geeignet ist, als ob ich die Gebirgsbildung ausschließlich oder hauptsächlich auf diese Kräfte hätte zurückführen wollen. In meiner kurzen Betrachtung ist jedoch davon gar nicht die Rede; ich stimme vielmehr in dieser Beziehung den Ausführungen des Herrn Nölke vollkommen bei, ohne mir jedoch die ziffernmäßig von ihm errechneten Beträge zu eigen zu machen. Es lag mir nur daran, die Aufmerksamkeit der Geographen und Geologen auf jene, aus der Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit sich ergebenden, von diesen Fachkreisen aber bisher meines Wissens nicht berücksichtigten horizontalen Kraftkomponenten zu lenken. Daß diese Kräfte und ihre Wirkungen nur klein sein können, glaube ich deutlich genug zum Ausdruck gebracht zu haben, u. a. durch den Passus, es scheine mir nicht statthaft zu sein, die aus der Geschwindigkeitsänderung resultierende Wirkung ganz zu vernachlässigen. Meine Ansicht geht also dahin, daß der nicht zu bestreitende Einfluß der Erdrotation immerhin groß genug sein dürfte, um neben den sonst noch bei tektonischen Bewegungen wirkenden Kräften, über die wir ja leider nur wenig wissen, Anspruch auf Beachtung

zu verdienen, und daß in günstigen Fällen möglicherweise eine beobachtbare Wirkung hervorgerufen werden könnte.

Auch darf nicht übersehen werden, daß eine Aufwölbung, wie sie z. B. Herr Nölke errechnet, infolge der dabei stattfindenden Hebung von Gesteinsmassen ihrerseits erneut horizontale Verschiebungskräfte auslöst.

Berlin, den 19. März 1923.

O. Baschin.

Astronomische Mitteilungen.

Die Verteilung der Sterne verschiedener Spektraltypen in der Milchstraße untersucht Shapley in Harvard Circular 240. Da ausführliche Abzählungen des Henry-Draper-Katalogs an anderen Observatorien im Gange sind, beschränkt sich Shapley auf 48 ausgewählte Felder, davon 23 längs der Milchstraße selbst, 11 längs des Parallelkreises $+10^\circ$ gal. Breite und 14 längs des Parallelkreises -10° gal. Breite. In diesen Feldern sind 11 030 Sterne heller als 8,25 enthalten, die sich folgendermaßen auf die einzelnen Typen verteilen. Es ist die Anzahl in einem Feld von 100 Quadratgrad:

Typus	Breite $+10^\circ$	0°	-10°
B	6	30	16
A	65	97	83
F	16	19	18
G	22	26	22
K	64	69	61
M	16	18	16

Schon in diesen wenigen Zahlen zeigt sich die Zusammendrängung gegen die Milchstraße, am stärksten bei den B- und A-Sternen.

Abgesehen von Unregelmäßigkeiten bei den B- und M-Sternen ist die Verteilung in galaktischer Länge fast vollkommen gleichförmig. Es macht sich nur in der Gegend zwischen 340° und 20° die große Spalte in der Milchstraße geltend. Erst wenn man zu fernerer Regionen, d. h. zu schwächeren Sternen übergeht, treten Ungleichförmigkeiten zutage.

Von der Gesamtzahl der untersuchten Sterne gehören 38 % dem A-Typus, 29 % dem K-Typus an. Dies deutet an, daß diese beiden Typen — vom K-Typus natürlich die Riesensterne — in den uns näher gelegenen Teilen der Milchstraße bei weitem überwiegen.

Die dunklen Nebel im Taurus machen sich nur in der Verteilung der schwachen A- und K-Sterne geltend, während die F- und G-Sterne und die hellen A- und K-Sterne davon unberührt bleiben. Man schließt daraus einerseits, daß die F- und G-Sterne diesseits der dunklen Wolke stehen, also Zwerge sind, der größte Teil der K-Sterne dagegen jenseits der Wolke sich befindet und uns durch sie teilweise verdeckt wird. Die Entfernung der Wolke selbst kann daraus zu etwa 250 parsecs abgeschätzt werden.

Wasserstoff-Emissionslinien in B-Spektren. Bisher kannte man nur Fälle, wo im Laufe der Zeit Wasserstoff-Emissionslinien in den Spektren von B-Sternen verschwanden (Pleione, J Velorum, ρ Carinae, μ Centauri). Jetzt ist nach einer Notiz im Harvard Bulletin 779 auch der umgekehrte Fall beobachtet worden. Aufnahmen des Spektrums des Sterns H. R. 4830 ($\alpha = 12^h 36^m,9$ $\delta = -62^\circ 30'$) aus den Jahren 1906 und 1908 zeigen, wenn überhaupt, die Linien H_β und H_γ nur andeutungsweise in Emission, während 1922 ganz starke helle Linien vorhanden sind, auch noch bei H_δ .

H. Kienle.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 16. (Seite 293—308.)

20. April 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über keratoplastische Operationen am menschlichen Auge. Von *Heinrich Streuli, Bern*. (Mit 4 Abbildungen.) S. 293.

Einiges über die physiologische Bedeutung der Phosphorsäure. Von *Fritz Laquer, Frankfurt a. M.* S. 300.

Besprechungen:

Hoffmann, Bernhard, Führer durch unsere Vogelwelt. II. Teil. Von *Fritz Braun, Dänzig-Langfuhr*. S. 304.

Lutz, K., Tierpsychologie. Von *O. Koehler, München*. S. 305.

Schoenichen, W., Praktikum der Insektenkunde nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten.

2. Auflage. Von *Carl Börner, Naumburg*. S. 305
Stoklasa, Julius, Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur. Von *E. G. Pringsheim, Prag*. S. 306.

Oltmanns, Friedr., Morphologie und Biologie der Algen. 2. Auflage. Von *E. G. Pringsheim, Prag*. S. 307.

Botanische Mitteilungen. S. 307—308.

Die rheinischen Hieracien. Über Beziehungen zwischen Eisenbakterien und Algen. Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauerampfer. Pollenanalytische Untersuchungen böhmischer Moore. Über den Einfluß von Radiumbestrahlung auf Antirrhinum.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9.

Sieben erschienen:

Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers

Von
Dr. Erwin Madelung

ord. Professor der theoretischen Physik an der Universität Frankfurt a. Main.

(XII, 247 S.) Mit 20 Textfiguren. G. Z. 8,25; gebunden G. Z. 10

(IV. Band der „Grundlehren der mathematischen Wissenschaften“ Herausgegeben von R. Tourant.)

Das vorliegende Werk soll dem Mathematiker und vor allem dem Physiker eine Übersicht geben über das mathematische Handwerkszeug, welches die exakte Behandlung physikalischer Fragen erfordert. Es enthält ohne Beweise eine Zusammenstellung von Formeln, Lehrsätzen, Methoden, kleinen Tabellen, deren sich der Physiker ständig bedienen muß. Neben der eigentlichen mathematischen Analysis, der Lehre von den Vektoren und Tensoren, der Wahrscheinlichkeitsrechnung erfahren auch die wichtigsten Kapitel der mathematischen Physik ihre Behandlung.

Aus dem Inhalt:

Algebra: Lineare Gleichungssysteme — Matrizen und Determinanten — Kombinatorik.

Funktionen Allgemeine Funktionentheorie — Spezielle Funktionen.

Reihen.

Differential- und Integralrechnung.

Differentialgleichungen: Allgemeines über Differentialgleichungen — Gewöhnliche Differentialgleichungen — Partielle Differentialgleichungen.

Lineare Integralgleichungen.

Variationsrechnung.

Transformationen: Allgemeines über Transformationen — Koordinaten-Systeme und Koordinaten-Transformationen — Berührungstransformation (Kontakttransformation).

Vektoranalysis: Koordinatenfreie Formulierung der Vektoranalysis — Koordinatenmäßige Formulierung der Vektoranalysis im n -dimensionalen Raume.

Wahrscheinlichkeitsrechnung: Grundbegriffe — Schwankungen — Mittelwertbildung — Wahrscheinlichkeitsnachwirkung — Einige physikalische Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Mechanik: Prinzipien der Mechanik — Mechanik des einzelnen Massenpunktes — Systeme von Massenpunkten — Starrer Körper — Mechanik der Kontinua.

Elektrizitätslehre.

Relativitätstheorie: Grundbegriffe — Vierdimensionale Darstellung der Welt und Relativitätsprinzip — Lorentztransformation — Physikalische Bedeutung vierdimensionaler Vektoren und Tensoren — Elektrodynamik — Elektrodynamik in bewegten Medien — Dynamik der Masse — Allgemeine Relativitätstheorie.

Thermodynamik: Grundbegriffe — Hauptsätze — Zustandsvariablen — Koeffizienten — Spezialfälle — Prozesse — Zustandsgleichung — Vollständige Systeme — Spezielle Gleichgewichte — Phasentheorie — Massenwirkungsgesetz — Dritter Hauptsatz der Thermodynamik — Namen- und Sachverzeichnis.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für April 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20220 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

EMIL FISCHER

Aus: Emil Fischer „Gesammelte Werke“

Herausgegeben von M. BERGMANN

Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine I (1899-1906) 1906. Gebunden G. Z. 20.

Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine II (1907-1919) 1923. G. Z. 29; geb. G. Z. 32.

Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente I (1884-1908) 1909. G. Z. 22.

Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente II (1908-1919) 1922. G. Z. 17; geb. G. Z. 21.

Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe (1908-1919) 1919. G. Z. 16; geb. G. Z. 20.

Untersuchungen in der Puringruppe (1882-1906) 1907. geb. G. Z. 19.

Aus meinem Leben Mit drei Bildnissen. 1922. Gebunden G. Z. 9,2; Sonderausgabe in Geschenk-Pappband G. Z. 7,2.

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Über keratoplastische Operationen am menschlichen Auge.

Von Heinrich Streuli, Bern.

Wohl kein Gebiet der Augenheilkunde hat in den letzten Jahren ein größeres Interesse wachgerufen als dasjenige der *keratoplastischen Operationen*; ja die teilweise glänzenden Erfolge derselben im letzten Jahrzehnt, die zahlreichen Schwachsichtigen oder Erblindeten ihr Augenlicht wiederzugeben vermochten, sind nicht nur dem engeren Kreise der Fachgelehrten bekanntgeworden, sondern ließen auch ein weiteres Publikum aufhorchen.

Unter keratoplastischen Operationen verstehen wir diejenigen, welche sich damit befassen, die irgendwie untaugliche Hornhaut des Auges oder auch nur ein Stück derselben zu entfernen und den Defekt zu ersetzen durch ein anderes, geeigneteres Material; und zwar wollen wir uns beschränken auf das Gebiet der sog. *optischen Keratoplastik*¹⁾, die an Stelle einer trüben oder undurchsichtigen Hornhaut ein klares, durchsichtiges Medium einpflanzt.

Die Versuche der Chirurgie, solche Überpflanzungen oder *Transplantationen* vorzunehmen, sind nicht neu, sie lassen sich im Gegenteil weit, ja teilweise bis ins klassische und vorclassische Altertum zurückverfolgen; ihre eigentliche Bedeutung erlangten sie aber erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, als mit Einführung der anti- und aseptischen Operationsmethoden die ganze Wundarzneykunst einen gewaltigen Aufschwung nahm. Der Übertragung von kleinen Hautläppchen durch *Reverdin* und *Thiersch* folgten bald solche anderer Gewebe, und im Anfang dieses Jahrhunderts war man bereits so weit, teils am Tier, teils sogar am Menschen, ganze Gelenke, ja ganze Organe von einem Körper in den andern unter Erhaltung der Funktion zu verpflanzen.

Bei diesen Versuchen blieb die Augenchirurgie nicht zurück. Schon im Jahre 1824 hatte der deutsche Augenarzt *Reisinger* die Frage der Transplantation von Hornhautgewebe angeregt und die ersten derartigen Versuche am Tier durchgeführt, indem er ein Stück Hornhaut, einen sog. *Hornhautlappen*, von dem Auge des einen Kaninchens auf das defekte des anderen übertrug, allerdings ohne Erfolg. — Zahlreiche

andere, angeregt durch die Veröffentlichungen *Reisingers*, beschäftigten sich mit der Frage, so unter anderm der damals berühmte Ophthalmologe *Dieffenbach*, der seine Abhandlung mit den Worten begann: „Die Idee *Reisingers*, die vollkommen verdunkelte Hornhaut des Menschen durch die eines Tieres zu ersetzen, ist gewiß eine der kühnsten Phantasien, und es wäre der höchste Preis der Chirurgie, wenn diese Operation gelänge.“ — Allein diese hohen Erwartungen erwiesen sich alle als trügerisch, Mißerfolg häufte sich auf Mißerfolg, so daß jene Forscher nicht mehr den Mut fanden, ihre Versuche fortzusetzen; man hatte bloß die Erkenntnis gewonnen, daß Hornhautlappen zwar einheilen können, daß sie sich aber in diesem Falle stets trübten, der optische Effekt also hinfällig war.

Lange Zeit, während dreißig Jahren, ruhte die Frage vollkommen. Immerhin muß man aber anerkennen, daß jene Autoren bereits den Grund zu allen späteren Fortschritten gelegt, daß sie selbst verschiedene Methoden versucht und ausgearbeitet hatten.

Erst im Anfang der Siebziger Jahre griff der englische Augenarzt *Power*, bald nach ihm der Deutsche *v. Hippel*, die Frage der Hornhauttransplantation wieder auf, und damit beginnt die zweite Periode der Keratoplastik. — Mit den Errungenschaften der inzwischen weit fortgeschrittenen Chirurgie ausgestattet, unternahm es namentlich *v. Hippel*, der Keratoplastik zum Erfolg zu verhelfen; er konstruierte ein eigenes Instrument, den nach ihm benannten *Hornhaut-trepan*, zur Schnittführung an Stelle von Messer oder Schere, und dieser Hippelsche Trepan ist es, dem wir zur Hauptsache die Entwicklung verdanken, die wir heute zu verzeichnen haben. Unentwegt, nicht entmutigt durch Mißerfolge, hat denn auch dieser Forscher seinem vorgesetzten Ziele nachgestrebt. Diese zweite Periode der Hornhauttransplantation ist dadurch gekennzeichnet, daß man daran ging, nicht ausschließlich am Tier, sondern am Menschen selber zu operieren, wo die Verhältnisse in mancher Hinsicht günstiger liegen; zu verlieren war ja ohnehin für die betreffenden Patienten nichts, handelte es sich doch um Augen, die infolge dichter Hornhauttrübungen fast oder ganz blind geworden waren. — Zahlreich ist die Reihe der Forscher, die, angeregt durch *v. Hippel*, sich eingehend und in jahrelang fortgesetzten Versuchen um den Erfolg bemühten, zu brauchbaren Resultaten zu gelangen. Allein der Weg hierzu erwies sich trotz der verbesserten Methoden bedeutend dornenvoller, als es anfänglich schien, und wie einst

¹⁾ Daneben gibt es eine nur *tektionischen* Zwecke dienende Keratoplastik, die unter Verzicht auf ein optisch verbesserndes Resultat nur günstigere bauliche Verhältnisse auf der Hornhaut schaffen will, so z. B. bei starker Vortreibung mit Verdünnung (Staphylom) derselben.

Dieffenbach ließ mancher von ihnen entmutigt die Hände sinken, so *Schweigger* in den Achtziger Jahren, der nach zahlreichen erfolglosen Versuchen zu folgendem Urteil kam: „Daß eine transplantierte Hornhaut überhaupt anwächst, ist alles; daß sie aber auch noch durchsichtig bleiben soll, ist mehr als wir erwarten können. Eine aus so vielfachen Gewebselementen zusammengesetzte Membran wie die Hornhaut kann nur durchsichtig sein unter der Bedingung einer wunderbaren Gleichheit der Brechungsexponenten aller ihrer einzelnen histologischen Bestandteile. Daß aber diese hohe physiologische Vollkommenheit auch erhalten bleiben sollte unter so gewaltsam veränderten Ernährungsbedingungen, wie sie die Transplantation setzt, scheint denn doch über die Leistungsfähigkeit der Natur hinauszugehen.“

Dieser resignierte Standpunkt schien ganz allgemein wieder die Oberhand gewinnen zu wollen. Man nahm deshalb wieder Versuche auf, die sich nicht mit der Überpflanzung von tierischem oder menschlichem Hornhautgewebe befaßten, sondern mit der Ersetzung trüber Stellen durch einen künstlichen durchsichtigen Stoff, also durch eine sog. „*Cornea artificialis*“. — Schon 1856 hatte *Nußbaum* Gläschen in Form eines Doppelknopfes in das herausgeschnittene Hornhautzentrum von Kaninchen einzusetzen versucht — sie fielen aber ausnahmslos alle nach einiger Zeit unter Vereiterung der Wunde wieder heraus. Andere suchten die Methode zu verbessern, indem sie die Gläschen in feinste Rahmen aus Gold einsetzten oder als Material durchsichtiges Celluloid verwendeten — alles ohne Dauererfolg. Die besten Resultate erlangte *Salzer*, dessen Quarzscheibchen (*Salzer* hatte herausgefunden, daß die chemische Reizung bei Quarz viel geringer ist als bei Glas) in ringförmiger Platinfassung mittels feinsten Widerhäkchen auf dem Hornhautdefekt befestigt wurden und wobei er das sehr bemerkenswerte Resultat erreichte, daß der eine Fall — es handelte sich um menschliche Augen! — die Prothese unter sehr günstigen optischen Bedingungen während 9 Monaten vertrug, ein anderer gar 2½ Jahre, worauf aber beidemale Ausstoßung des Einsatzes erfolgte.

Damit wurde diese auf den ersten Blick so verheißungsvolle Methode des Hornhautersatzes verlassen und ist seither, d. h. seit 20 Jahren, nicht mehr geübt worden. — Jedoch müssen hier noch besonders hervorgehoben werden die in der Folge von *Salzer* allerdings nur im Tierexperiment unternommenen Überpflanzungsversuche von abgestorbenen, konservierten, organischen Fremdkörpern in flachgeschnittene Taschen der Hornhaut, so namentlich von in Formol konservierten Pferdehornhautlappchen. *Salzer* machte hierbei die erstaunliche Entdeckung, daß solche Transplantate monatelang, ja jahrelang vollständig klar bleiben können; sie werden sehr

langsam und schrittweise abgebaut und durch neugebildetes Gewebe der umgebenden Hornhaut mit der Zeit vollständig ersetzt; wir werden darauf weiter unten noch einmal zurückzukommen haben.

Unterdessen aber hatte die v. Hippelsche Schule nicht geruht und, durch keinen Mißerfolg entmutigt, die ursprüngliche, klassische Transplantation von frischen, lebenden Hornhautlappen weiter verfolgt. Da, wie wir schon sahen, die Lappen, auch wenn sie noch so gut einheilten, sich stets trübten, so wurde zu einer neuen Technik geschritten, nämlich zu der nichtperforierenden oder schichtweisen Trepanation, d. h. man bohrte von der zu ersetzenden Hornhaut nicht die ganze Dicke aus, sondern nur die oberflächlichen Schichten unter Belassung der tiefsten, d. h. je nach Sitz und Intensität der Trübungen $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ der Hornhautdicke, und setzte nun in diesen Defekt, der also das Auge gar nicht eröffnete, ein entsprechendes Stückchen klarer Kaninchenhornhaut ein — und siehe da, zur Überraschung und Freude der ganzen ophthalmologischen Welt heilte eine beschränkte Anzahl solcher transplanteder Lappchen dauernd klar ein.

Es schien demnach zu jenem Zeitpunkt — es war im Jahre 1888 —, daß zwar eine penetrierende die Hornhaut in ganzer Dicke ausstanzende Keratoplastik wegen ausnahmslose eintretender Lappentrübung aussichtslos, eine schichtweise Transplantation dagegen in manchen Fällen erfolgreich sein könne. Der Hauptnachteil dieser letzten Methode muß zwar besonders betont werden, nämlich der, daß eben von der trüben Hornhaut nicht die ganze Dicke entfernt und durch klare ersetzt wird, sondern nur ein Teil davon, daß also der optische Erfolg durch die restierenden tiefsten Trübungsschichten mehr oder weniger stark herabgesetzt wird.

Es ist nun die weitere Entwicklung der Technik der Keratoplastik ein glänzendes Beispiel dafür, wie ohne Hinzukommen irgendeiner wesentlichen Neuerung oder Entdeckung einzig und allein stets feineres und sorgfältigeres Arbeiten, exakte Beobachtung aller, auch der kleinsten und scheinbar unbedeutendsten Nebenumstände, sowie unermüdliche und genaue klinische Kontrolle jedes einzelnen Falles zu einem Ziele führen können, das von vornherein unerreichbar erschien. Dieses Ziel, nämlich die klare Einheilung durch die ganze Hornhaut durchgreifender Lappen, ist heute erreicht. Nicht so allerdings, daß man solche durchgreifenden keratoplastischen Operationen mit unbedingter Aussicht auf Erfolg heute ganz allgemein vornehmen könnte; so weit sind wir noch nicht. Aber die Tatsache, daß dauernd klare Einheilung vielfach einwandfrei beobachtet wurde, beweist, daß eine funktionell befriedigende durchgreifende Hornhautüberpflanzung von einem Auge auf das andere in das Gebiet der Möglichkeit gehört.

Der erste, dem eine klare Einheilung durchgreifend transplantiert Lappen auf Kaninchenaugen glückte und der mit diesem Resultat die Hoffnung auf ein Gelingen auch beim Menschen neu belebte, war Prof. Wagenmann in Heidelberg. Der erste am menschlichen Auge zur klaren Einheilung gebrachte durchgreifende Lappen — er ließ nach Wagenmanns Erfolge noch jahrelang auf sich warten — betrifft den berühmten Fall von Zirm in Olmütz aus dem Jahre 1906. In größerer Serie gelangen dann solche erfolgreiche Übertragungen dem hervorragenden Augenoperateur der Prager deutschen Universität, Prof. Elschmig; die zusammenfassenden Veröffentlichungen aus seiner Klinik (aus der Feder Aschers) stammen aus den Jahren 1919–1922.

Nach diesem kurzen historischen Überblick über den Entwicklungsgang der optischen Keratoplastik gehe ich über zu einer Schilderung des heutigen Standes dieses Problems, wobei auch einige wichtige prinzipielle und theoretische Einzelheiten zur Sprache kommen sollen.

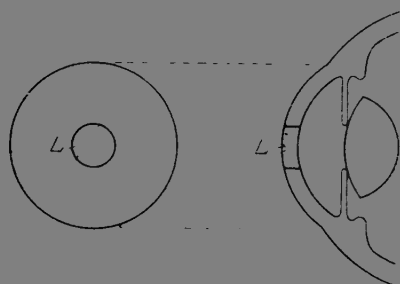


Fig. 1. Schematische Darstellung der inkompletten durchgreifenden Keratoplastik (Ansicht im Schnitt und von vorn).

L: Transplantiert Lappen.

Wie wir bereits sahen, teilt man die keratoplastischen Operationen ein in durchgreifende und in schichtweise; während bei der letzteren das herausgeschnittene Stück nicht die ganze Hornhautdicke durchsetzt, den Augapfel also nicht eröffnet, ist dies bei der durchgreifenden Keratoplastik der Fall. Man teilt nun außerdem die durchgreifende Keratoplastik noch ein in partielle (= inkomplete) und in totale (= komplette), also die ganze Hornhaut opfernde, einer Amputation derselben gleichkommende. Schematische Figuren werden die Übersicht erleichtern. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3.)

Von allen diesen Methoden nun verdient die inkomplete durchgreifende die größte Beachtung. Nach unseren heutigen Kenntnissen hat sie die besten Erfolge zu erzielen vermocht, indem bei den nichtdurchgreifenden Methoden, wie schon erwähnt, infolge Stehenbleibens einer trüben Basalschicht der optische Effekt nur dann ein befriedigender ist, wenn die Trübungen hauptsächlich in den oberflächlichen Schichten liegen, also durch die Operation mitentfernt werden.

Der Grund, warum diese Methode in solchen Fällen vor der durchgreifenden den Vorzug verdient, ist der, daß die Eröffnung des Augapfels, die hier vermieden wird, immerhin eine gewisse Gefahr darstellt; ferner tritt Trübung des eingepflanzten Lappens weit häufiger ein bei durchgreifender Keratoplastik — aus welchem Grunde, werden wir noch weiter unten zeigen.

Was die komplette durchgreifende Transplantation betrifft, also den Ersatz der gesamten

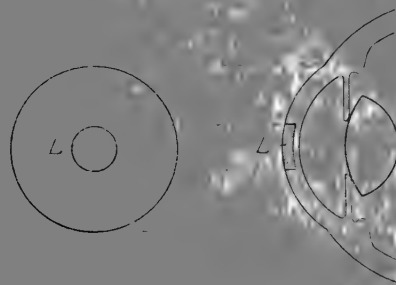


Fig. 2. Schematische Darstellung der inkompletten schichtweisen Keratoplastik (im Schnitt und von vorn).

Der Lappen (L) ist kreisförmig dargestellt, wie dies bei Anwendung des v. Hippelschen Hornhauttrepans der Fall ist. Doch kann der Lappen hier auch mit anderen Instrumenten, z. B. einem Moser, entnommen werden (Methode von Lohlein); er hat dann nicht runde, sondern langgestreckte Form.

trüben Hornhaut, so sei nur erwähnt, daß wir hier mit einem äußerst gefährlichen Eingriff zu tun haben, dessen Risiko die Chancen bei weitem übertrifft und der deshalb nur in ganz seltenen Fällen seine Berechtigung hat. Die Operation ist im ganzen, soweit sich die Literatur überblicken

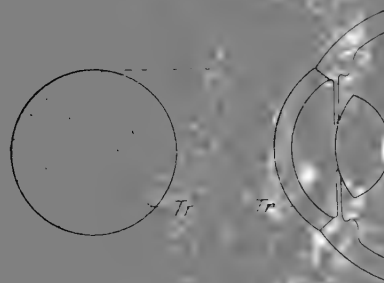


Fig. 3. Schematische Darstellung der kompletten durchgreifenden Keratoplastik (im Schnitt und von vorn).

Die ganze trübe Hornhaut ist entfernt und durch eine neue (Tr = Transplantat) ersetzt worden. Die Schnittführung kann hier nicht mit dem v. Hippelschen Hornhauttrepans, sondern nur mit einem feinen Starmesser, ev. auch feiner Schere, erfolgen.

läßt, am Menschen erst neunmal ausgeführt worden, wobei viermal das betreffende Auge verloren ging, in vier weiteren Fällen zwar eine richtige Einheilung, jedoch mit erheblicher Trübung und entsprechend sehr geringer Sehschärfe erfolgte; von einem Fall ist der Erfolg unbekannt. Niemals jedoch gelang es bisher, ein Klarbleiben des Transplantates mit genügendem optischem Erfolg zu erzielen, was bei dem sehr schweren Eingriff

auch nicht weiter zu verwundern ist; ein dauernd klares Einheilen darf auch für die Zukunft hier wohl kaum erwartet werden.

Wenden wir uns nun aber zu der inkompletten durchgreifenden Keratoplastik, der wohl die bedeutendste Zukunft zu prophezeien ist. Bei einer Übersicht über das gesamte Gebiet der bisher veröffentlichten Fälle ergeben sich mehrere wichtige Gesichtspunkte, auf die hier kurz eingegangen werden soll; sie haben mutatis mutandis auch für die andern Methoden ihre Bedeutung.

Als *Transplantationsmaterial* ist klarer menschlicher Hornhaut unbedingt der Vorzug zu geben. Zwar beobachtete man ein Klarbleiben, wie bereits oben geschildert, auch bei schichtweisem Ersatz durch Kaninchenhornhaut, ja im Tierexperiment durch abgestorbene, in Formol konservierte Pferdehornhaut. Abgesehen davon aber, daß die Art der Einheilung in diesen Fällen, wie wir noch sehen werden, eine ziemlich anders geartete ist als bei frischem menschlichem Material, liegen über ein Klarbleiben *durchgreifender* Lappen von Tieraugen, ob frisch oder konserviert, bisher keine Berichte vor; im Gegenteil trug diese Überpflanzung von Tier auf Mensch, wie sie ursprünglich allgemein geübt wurde, in hervorragendem Maße zu den ungenügenden Erfolgen aller früheren Operateure bei und brachte so die Keratoplastik geradezu in Mißkredit.

Statt solcher *Heterotransplantation*, d. h. Übertragung von einer Tierklasse auf die andere oder von Tier auf Mensch, wird deshalb heute mit Recht der *Homotransplantation* — Übertragung auf die gleiche Klasse, also hier von Mensch zu Mensch — oder der *Autotransplantation* — Übertragung vom selben Individuum — der Vorzug gegeben. Als menschliche Spenderaugen eignen sich solche, die aus irgendeinem Grunde entfernt werden müssen, also infolge Verletzung, bösartigen Geschwülsten des Augenhintergrundes, schwerer chronischer Entzündung; Bedingung hierbei ist nur, daß die Hornhaut klar geblieben sei. — Es scheint übrigens, daß gerade die letzterwähnte Gruppe chronisch entzündlicher Augen sich besonders gut eigne, vielleicht, weil hier die Hornhaut bereits an schlechterer Ernährungsverhältnisse gewöhnt ist und der überpflanzte Lappen sich eher in ein neues, verändertes Milieu einpaßt.

Über den Einfluß des Alters des Spenders läßt sich eine einheitliche Regel nicht aufstellen, doch scheint es, daß hier bestimmte Gesetzmäßigkeiten nicht vorkommen; im allgemeinen wird sich allerdings ein geringeres oder mittleres Alter besser eignen als ein höheres. — Ferner glaubte man in ungefährer Gleichaltrigkeit von Spender und Wirt — so nennen wir das Individuum, auf welches überpflanzt wird — das günstigste Verhältnis zu erkennen. — Ob die Gleichseitigkeit bei Wirt und Spender oder ihre Gleichgeschlechtigkeit einen gesetzmäßigen Einfluß auf

das klare Einheilen ausüben, darüber zu urteilen ist das bis heute vorliegende Operationsmaterial noch zu gering; doch scheint die Bedeutung dieser Faktoren nicht sehr erheblich zu sein.

Es wurden ferner auch Untersuchungen angestellt über das Verhältnis des Blutes des Spenders zu dem des Wirts; bekanntlich gibt es innerhalb derselben Klasse Individuen, deren Blut sich, wenn man es mischt, gegenseitig stark beeinflusst und verändert, und zwar im Sinne einer Auflösung oder Verklebung der roten Blutkörperchen (man nennt diese Erscheinungen *Isohämolyse* resp. *Isoagglutination*), während dieser Vorgang bei anderen Individuen nicht eintritt. Es lag nun nahe, zu vermuten, daß, wie das Blut, so auch die übrigen Körpergewebe, also auch die Hornhaut, bei den einen sich gegenseitig schädigen könnten, bei den andern dagegen nicht. Vorläufig der Transplantation untersuchte man deshalb in zahlreichen Fällen die gegenseitige Einwirkung des Blutes von Wirt und Spender — allein zwischen den Fällen mit Eintreten der *Isohämolyse* resp. *agglutination* und solchen ohne diese ergab sich kein typisch unterschiedliches Verhalten bei der Einheilung der transplantierten Hornhaut.

Wir können also zusammenfassend sagen, daß jede klare menschliche Hornhaut zur Übertragung auf ein anderes Auge ohne erhebliche Unterschiede geeignet ist.

Ganz anders verhält sich nun die Sache, wenn wir uns zum *Auge des Wirtes* wenden. Der Grund, der eine optische Keratoplastik erforderlich macht, ist stets eine mehr oder weniger intensive Trübung der Hornhaut. Für die durchgreifende Pflropfung kommen die dichten, alle Schichten durchsetzenden Opacitäten in Betracht (bei den leichteren, insbesondere oberflächlichen, genügt oft, wie bemerkt, die nur schichtweise Pflropfung). Allein auch bei diesen dichten Hornhauttrübungen sind gewisse Unterschiede zu beachten; es versprechen nämlich diejenigen unter ihnen die besten Resultate, bei denen nicht alle feinsten Gewebelemente, die sog. Hornhautkörperchen, und ihre klare Zwischensubstanz, die Hornhautfasern und -lamellen, durch den voraufgehenden Krankheitsprozeß ausnahmslos zerstört und durch narbiges Bindegewebe ersetzt sind; eine solch schwer veränderte Hornhaut eignet sich nur unzureichend als Nährboden für das Transplantat. Glücklicherweise bildet eine solche bis in alle Strukturteile zerstörte Hornhautnarbe auch nicht die Regel, auch bei anscheinend sehr dichten Trübungen nicht. Die günstigsten Verhältnisse bieten in dieser Beziehung Hornhauttrübungen nach schweren Entzündungen derselben, namentlich infolge angeborener Syphilis und infolge skrofulöser Hornhautprozesse. Weniger ausgezeichnete, wenn auch immerhin günstige Erfolge konnte man bei Hornhauttrübungen nach Blattern, nach ägyptischer Körnerkrankheit, nach Säure- und Kalkverätzungen sowie anderen

Verletzungen verzeichnen. Weiter soll hier nicht auf Einzelheiten eingegangen werden.

Was die zur Aufnahme des Transplantates geeignete Stelle der Wirtshornhaut betrifft, so glaubte man vielfach, daß die Nähe des Hornhautrandes wegen der Nachbarschaft von Blutgefäßen und einer dadurch gewährleisteten besseren Ernährung geeigneter sei als das Zentrum der Hornhaut; doch erwies sich diese Vermutung als unrichtig, und zwar aus dem Grunde, weil die Ernährung des überpflanzten Lappens, wie wir nachher noch sehen werden, völlig unabhängig von jeglicher direkten Blutzufuhr erfolgt; dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Pfropfung mitten auf der Wirtshornhaut vorzunehmen, d. h. in einem Gebiet, das optisch die günstigsten Resultate verspricht.

Hier mögen noch einige Worte Platz finden betreffend das Alter des Wirtes. Es finden sich da im Gegensatz zum Spender ganz erhebliche Unterschiede, und zwar liefert die erste Dekade ganz besonders ungünstige Resultate; vor dem zehnten Lebensjahr die Keratoplastik auszuführen, hat gar keinen Sinn, denn in fast allen Fällen mißlingt hier der Eingriff. Es ist nämlich nach Ausführung der Operation eine absolute Ruhe während mehrerer Tage erforderlich; jeder leiseste Versuch, die Lider unter dem Verbande zu öffnen, den Kopf zu heben oder nur zu wenden, kann zur Ausstoßung des Lappens aus seinem Bette und weiteren schweren Komplikationen führen. Viel günstiger werden dann die Ausichten im zweiten und dritten Jahrzehnt; jenseits des dreißigsten Lebensjahres sind jedoch merkwürdigerweise die Resultate wieder schlechter, und eine vollkommen klare Einheilung war in diesem Alter bisher überhaupt noch nicht zu erzielen.

Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir jetzt auf die Operation selber ein. Diese ist eine der subtilsten aller bisher ausgeführten Operationen am Auge, ja aller überhaupt am Menschen vorgenommenen. Sie erfordert peinlichste Exaktheit, es kommt hier nicht auf Millimeter, sondern auf Bruchteile von solchen an. Die Hand des Operateurs muß mit absoluter Sicherheit, ohne das leiseste Zittern, dabei rasch und leicht arbeiten, soll anders nicht der Erfolg von vornherein erheblich gefährdet sein; die Aufmerksamkeit muß auf viele Dinge zugleich gerichtet sein.

Wirt und Spender werden im selben Saal auf zwei benachbarte Operationstische gelegt und die betreffenden Augen durch Cocaineinträufelung resp. Novocaininjektion unempfindlich gemacht, und zwar vollständig, damit keinerlei Schmerzempfindung die Patienten zu unwillkürlichen Bewegungen veranlaßt; sehr jugendliche Spender müssen allgemein narkotisiert werden. — Selbstverständlich sind beide, Wirt und Spender, aufs beste vorbereitet, es ist für Keimfreiheit der Bindehaut in jedem Falle gesorgt. Strengste

Asepsis während des ganzen Eingriffes ist *conditio sine qua non*. — Nach Einlegen des Lidhalters beim Spender wird der Augapfel mittels Pinzetten fixiert und nun der v. Hippelsche Trepan zur Entnahme des kreisrunden Lappens wenn möglich auf das Zentrum der Hornhaut aufgesetzt.

Dieser Trepan, ein Instrument von genauester Präzision, hat die Form eines sechskantigen, ca. 5 cm langen, bleistiftartigen Führungsstabes aus vernickeltem Stahl, an dessen unterem Ende ein scharfgeschliffenes Ringmesser (= Trepankrone) von auswechselbarem Kaliber sitzt, während am oberen Ende ein trommelförmiges Uhrwerk angebracht ist, das die Krone in rascheste und dennoch schleuderfreie Bewegung versetzt;

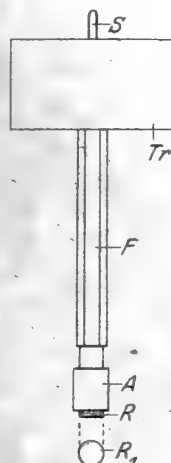


Fig. 4. Schematische Skizze des v. Hippelschen Hornhauttrepans (ca. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe).

- F: Führungsstab, zum Halten des Instrumentes dienend.
- Tr: Trommel mit Uhrwerk.
- A: Arretiervorrichtung, die ein weiteres Eindringen des Ringmessers verhindert.
- R: Ringmesser = Trepankrone. (R₁: Ansicht desselben von unten.)
- S: Stift oben auf der Trommel; bei leisem Druck auf denselben setzt das Uhrwerk die Trepankrone in rasche Umdrehung; bei Nachlassen des Druckes stoppt die Drehung sofort.

das Ringmesser besitzt übrigens eine je nach der Dicke der Hornhaut verstellbare Arretierung, die ein weiteres Eindringen nach durchgeführter Perforierung verhindert (Fig. 4). Ein leiser Fingerdruck auf einen Stift (S) versetzt das Uhrwerk in Gang, die Krone dringt rotierend in das Gewebe der Hornhaut ein und hat es in einigen Augenblicken unter Bildung einer sehr scharfen Schnittlinie durchsetzt. Der runde, herausgeschnittene Lappen, der einen Durchmesser von 4–4½ mm besitzt, wird nun, wenn möglich ohne jegliche Berührung mit irgendwelchen Instrumenten, mit der Vorderfläche nach unten auf einen sterilen Tupfer gelegt und so zwischen beiden Hohlhänden eines Assistenten zum Schutze gegen Austrocknung aufbewahrt bis zum Moment

seiner Implantation ins Wirtsauge; jede Berührung, namentlich der Hinterfläche, kann seine spätere Trübung begünstigen.

Ohne nun weitere Zeit zu verlieren, wird unverzüglich zum zweiten Akt geschritten und derselbe Trepan auf die trübe Hornhaut des Wirtes aufgesetzt, auch hier in der Regel fast oder ganz zentral; es wird also ein genau gleichgroßes Stück ausgeschnitten, wie beim Spender. Jedoch ist hier insofern noch größere Vorsicht erforderlich als dort, weil ja dieses Auge nicht, wie dasjenige des Spenders, wenigstens in der Regel, dem Untergange geweiht ist. So ist vor allem darauf zu achten, daß nicht etwa die Linse verletzt wird, was eine schwere Komplikation darstellen würde; sobald nämlich die vordere Augenkammer eröffnet ist, fließt ihr Inhalt, das Kammerwasser, ab; die Linse rückt infolgedessen nach vorn und gerät mit Leichtigkeit in den Bereich des Ringmessers; sofortiges Anhalten durch Loslassen des Uhrwerkknopfes unmittelbar nach eingetretener Perforation des Augapfels ist deshalb unbedingtes Erfordernis. Die lostrepanierte Scheibe wird nun mit einer feinen Pinzette gefaßt und völlig entfernt, wenn nötig unter Zuhilfenahme einer minutiösen Schere, um damit noch restierende Gewebsbrücken zu durchtrennen. Auf Komplikationen, die sich aus einer Verwachsung der Regenbogenhaut mit der trüben Hornhaut („vordere Synechie“) oder aus einer Trübung der Linse ergeben, soll hier nicht näher eingegangen, sondern nur bemerkt werden, daß solche festgewachsene Regenbogenhaut herausgeschnitten, eine getrübte Linse entfernt werden muß.

Der Lappen des Spenders wird unmittelbar nachher mittels des Tupfers auf dem er liegt, dicht über die Trepanationsöffnung des Wirtsauges gebracht und unter Zuhilfenahme eines feinen Spatels durch zartes Ansetzen am Rande völlig in die Öffnung geschoben, in welche er sehr genau passen soll; hier wie während der ganzen Operation ist die möglichste Schonung des Lappens oberstes Gesetz. Aus diesem Grunde wird auch keinerlei Naht zur Fixation angelegt; der Lappen hält in der Regel auch ohne solche; nur in Ausnahmefällen, auf die ich jetzt nicht eingehen, ist eine Nahtbefestigung erforderlich; sie muß in diesem Falle äußerst exakt ausgeführt werden, da sie sonst durch Reizung mehr schadet als nützt; als Nahtmaterial eignet sich am besten geflochtenes Frauenhaar.

Hat man sich überzeugt, daß der Lappen genau in sein Bett eingepaßt ist und in richtigem Niveau liegt, so werden beide Augen des Patienten vorsichtig geschlossen und verbunden; frühestens drei Tage später, während welcher, wie bereits bemerkt, der Operierte völlig ruhig liegen muß, erfolgt der erste Verbandwechsel, worauf dann noch während vierzehn Tagen das trepanierte Auge unter Verband gehalten wird.

Das ganze hier dargestellte Procedere sieht

auf den ersten Blick ziemlich einfach aus; doch darf nicht vergessen werden, daß wir hier bloß den typischen Hergang kennenlernten, ohne auf die Komplikationen, die von allen Seiten her drohen und oft genug auch tatsächlich erfolgen, einzutreten; dann ist rascher Entschluß und ziel-sicheres Handeln vonnöten, wenn nicht jeder Erfolg von vornherein illusorisch werden soll. Und wenn man sich nun vergegenwärtigt, daß von Gelingen oder Mißlingen der Operation nicht Leben oder Tod, sondern mehr, nämlich das ganze zukünftige Lebensglück des Patienten abhängt, daß in diesem entscheidenden Augenblick dessen ganzes Schicksal in der Hand des Operators liegt, so wird man sich die seelische und körperliche Anspannung dieses letzteren erst vorstellen können.

Mit dieser Besprechung der Operation selber ist nun aber keineswegs der ganze Fragenkomplex, der sich bei einer Darstellung der keratoplastischen Operationen stellt, erledigt. Vielmehr muß es nun noch besonders interessieren, etwas über das *weitere Schicksal des transplantierten Lappens* zu vernehmen.

Bei genauem Einpassen — und dies wird heute von einem geübten Chirurgen in der Regel erreicht — werden durch Fibrin, das aus dem nach Perforation und Abfluß der vorderen Augenkammer rasch sich neubildenden Kammerwasser ausgeschieden wird, die Ränder der Wirtshornhaut verklebt, und zwar erstaunlich rasch, oft schon nach wenigen Minuten. Neben dieser sehr willkommenen Rolle spielt aber das Kammerwasser noch eine andere, weit ungünstigere; durch Eindringen vom Schnitttrande her (bei verletztem Hornhautendothel übrigens auch von der Hinterfläche des Lappens aus direkt) vermag es anfänglich in die Lappensubstanz selber hineinzudiffundieren und auf diese Weise eine ausnahmslos zu beobachtende, mehr oder weniger intensive sog. *erste Trübung*, oft auch noch Quellung des Lappens zu verursachen. Glücklicherweise bilden sich diese Erscheinungen zwar in der Großzahl der Fälle wieder nahezu oder vollständig zurück; andernfalls stellen sie den Erfolg der Operation stark in Frage, und das Transplantat unterscheidet sich dann von seiner trüben Umgebung nur noch wenig oder gar nicht. — Es ist hier nun auch der Ort, nochmals kurz auf die nicht perforierende, schichtweise Keratoplastik zurückzukommen. Hier, wo die vordere Augenkammer gar nicht eröffnet wird, ist auch ein Eindringen des Kammerwassers in den transplantierten Lappen und damit eine erste Trübung ausgeschlossen, und dies ist denn auch der Hauptvorteil dieser Methode, dem sie ihre Entstehung verdankt; er verdient, besonders hervorgehoben zu werden, nachdem oben bereits auch die Nachteile der schichtweisen Keratoplastik dargestellt wurden.

Die eben geschilderte Verklebung des Lappens durch Fibrin ist aber, wenn wir den gesamten

Gang der Heilung betrachten, nur ein erster Notbehelf. Es wird nämlich im Laufe der nächsten Tage und Wochen bei allen Fällen, die nicht zur Ausstoßung des Lappens aus seinem Bette und damit zum Mißglücken der Operation führen — die Gründe hierfür sollen nicht im einzelnen besprochen werden; es sei nur erwähnt, daß dieser unheilvolle Ausgang zum Glück die Ausnahme bildet — die Verbindung allmählich solider durch Wucherung der Hornhautzellen des Wirtes, vielleicht in manchen Fällen später auch des Lappens. Gleichzeitig beginnt der ernährende Säftestrom von der Wirtshornhaut und aus dem Kammerwasser in den Lappen überzutreten, eine Tatsache von größter Wichtigkeit für die Erhaltung des Transplantates. Blutgefäße dringen erst später vor, und zwar ziehen sie von der Umgebung allmählich in den Lappen hinein, mehr oder weniger zahlreich und groß; auf diese Weise entsteht eine weitere, sog. *zweite Trübung* des Lappens. Je geringer demnach dieses Auftreten blutführender Äderchen, desto besser die Aussicht auf ein Klarbleiben des Transplantates. Für die Ernährung des Lappens haben sie keine direkte Bedeutung, erreichen sie doch den Höhepunkt ihrer Entwicklung erst lange nachdem die Ernährung durch Saftströmung bereits genügend funktioniert, nämlich 4–6 Wochen nach der Operation, um sich dann ganz allmählich mehr oder weniger vollkommen wieder zurückzubilden.

Eine *dritte Art von Trübung* kann sich dann im weiteren Verlaufe noch nach Wochen oder Monaten einstellen, nämlich dann, wenn infolge schwerer Veränderung der Wirtshornhaut, so z. B. bei dichter Narbentrübung, diese den Lappen auf die Dauer nicht genügend ernähren kann, worauf schon früher hingewiesen wurde.

Erst ungefähr sechs Monate nach der Operation darf der Erfolg derselben als feststehend betrachtet werden, indem erst jetzt die Verhältnisse sich stabilisiert haben und eine wesentliche Verschlimmerung nicht mehr zu erwarten steht. — Der Lappen ist nun von einem feinen, weißen, narbigen *Grenzring* umgeben; je nach seiner Klarheit hebt er sich schärfer oder undeutlicher von seiner Umgebung, der trüben Wirtshornhaut, ab.

Über die Rolle, die das Transplantat selber bei allen diesen Vorgängen spielt, bleiben noch einige Worte zu sagen.

Es ist bis heute eine nicht mit Sicherheit entschiedene, wissenschaftliche Streitfrage, ob der Lappen als solcher *dauernd einheilt*, oder ob er allmählich vom Wirtes abgebaut, resorbiert, und durch eigenes — trübes oder klares — Gewebe ersetzt werde.

Sicher darf wohl dies letztere als zutreffend angenommen werden bei Heterotransplantation, also bei Überpflanzung von Tier auf Mensch oder gar von konservierter Tierhornhaut. Die Richtigkeit dieser Annahme geht besonders aus den Salzschenschen Untersuchungen hervor. Das End-

resultat bei diesem Prozeß, nämlich ob das vom Wirt an Stelle des abgebauten Lappens neugebildete Ersatzgewebe trübe sei oder klar, hängt dabei von der Beschaffenheit der Wirtshornhaut selber ab; vollständig narbiges Gewebe wird nur seinesgleichen reproduzieren können, nämlich undurchsichtiges Bindegewebe; dagegen vermögen die in den meisten Hornhauttrübungen noch unversehrt vorhandenen ursprünglichen Gewebs-elemente, die Hornhautkörperchen²⁾, auch ihrerseits durch Teilung ein klares Produkt zu schaffen, das in manchen Fällen dominieren, also ein durchsichtiges Ersatzgewebe bilden kann. — Sei dem aber wie ihm wolle, so haben wir es hier stets nur mit einer *scheinbaren* oder *unechten Transplantation* zu tun, indem der Lappen nur gewissermaßen als Füllsubstanz, als Nährboden, als Brücke dient, auf welcher die eigenen Gewebszellen des Wirtes vordringen und im *selben Maße*, wie der Lappen verschwindet, sich *selber* an dessen Stelle setzen können. Einen solchen Vorgang bezeichnet man als *Regeneration*. Es darf, wie gesagt, als feststehend angesehen werden, daß beim Menschen wie bei sämtlichen Warmblütern bei Heterotransplantation keine echte Pflanzung, sondern immer nur eine Regeneration erfolgt, und zwar nicht nur am Auge, sondern ganz allgemein.

Wie steht es aber mit der Homotransplantation? Darüber sind die Akten nicht geschlossen. Nach neueren Untersuchungen, namentlich von *Bier*, schränkt sich indessen auch hier das Gebiet der echten Transplantation gegenüber den früher herrschenden Ansichten ganz gewaltig ein, ja es bleibt nur noch ein kleiner *Bruchteil* dessen bestehen, was man in der ersten Begeisterung als echte Transplantation ansah; derselbe Regenerationsvorgang, wie für die Heterotransplantation geschildert, hat hier in weitaus den meisten Fällen statt.

Allein — es gibt Ausnahmen! Und eine davon *scheint* die Hornhaut zu bilden. Eine Beweisführung stößt zwar bei allen solchen Untersuchungen auf größte Schwierigkeiten. Jedoch kommen Forscher, wie der Altmeister der Ophthalmologie, Prof. *Fuchs* in Wien, sowie auch *Elschnig* in Prag, der heute wohl erfahrenste Augenchirurg auf diesem Gebiet, auf Grund ihrer mikroskopisch gründlich untersuchten Schnittpräparate von Hornhautpflanzungen zu dem Schluß, daß es sich hier häufig um eine echte Transplantation, um ein richtiges Einheilen und Weiterfunktionieren der Lappen handle; ich sage häufig; denn daneben kann es auch hier nicht selten zu einer allmählichen Resorption des Lappens und Regeneration der Wirtshornhaut kommen, namentlich bei nicht klarer Einheilung.

²⁾ Ob sich dabei nur die Hornhautkörperchen, d. h. die eigentlichen Parenchymzellen der Hornhaut, beteiligen, oder auch die Zellen des Hornhautepithels (*Salzer* z. B. nimmt ausschließlich das letztere an, stößt aber damit auf ausgedehnte Opposition), dies ist eine weitere Streitfrage, die aber in diesem Zusammenhang unerheblich ist.

Es wäre ungemein interessant, die Argumente, die auf ein Erhaltenbleiben des transplantierten Lappens in seinem neuen Bette hinweisen, hier darzulegen; doch würde dies den Rahmen dieser zusammenfassenden Darstellung überschreiten. Halten wir also nur fest, daß der seltene Fall einer echten Homoiotransplantation bei der menschlichen Hornhaut tatsächlich vorzuliegen scheint.

Wie dem aber auch sei, so ändert dies an den tatsächlichen Erfolgen der Keratoplastik nichts. 10 % aller operierten Fälle sind es, bei denen wir bei dem heutigen Stande unserer Erfahrung und Technik auf ein dauernd klares Einheilen des überpflanzten Lappens hoffen dürfen — gewiß noch ein geringer Prozentsatz. Zu den günstigen Resultaten darf man aber außer den völlig klaren auch noch die durchscheinend bleibenden Transplantate rechnen, die gegenüber dem Zustand vollständiger Trübung vor der Operation eine oft erhebliche Besserung der Sehschärfe bewirken; für den fast Blinden ist schon ein sehr geringes Sehvermögen ein gewaltiger Gewinn. Fassen wir diese Fälle mit den ganz klaren als günstige Resultate zusammen, so erhöht sich ihre Zahl bereits auf 50 %.

Indessen vermögen solche trockenen Zahlen, so erfreulich sie auch sind, keinen Eindruck von dem zu vermitteln, was eine erfolgreiche Keratoplastik für den Operierten selber bedeutet; man muß vielmehr solche Fälle selber gesehen haben. Ich möchte hier nur zum Schluß noch den berühmten gewordenen Fall des Patienten *Franz S.*, von *Elschnig* 1919 in Prag operiert, erwähnen; es handelt sich wohl um die am besten gelungene von sämtlichen bisher am Menschen vorgenommenen durchgreifenden keratoplastischen Operationen. Der Patient war ein junger gebildeter Mann von 29 Jahren, der anderthalb Jahre vorher plötzlich von einer schweren beidseitigen Hornhautentzündung befallen worden war, die zu intensiven wolkigen Trübungen mit nahezu vollständiger Erblindung geführt hatte. Jede Behandlung erwies sich als machtlos, der Zustand besserte sich nicht mehr; über den seelischen Zustand des Patienten brauchen wohl keine weiteren Worte verloren zu werden. Da wurde als letzte Hoffnung zur Keratoplastik des linken Auges geschritten. Wer das Resultat derselben sah — der Geheilte wurde 1½ Jahr später der deutschen ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg vorgestellt —, glaubte tatsächlich, seinen eigenen Augen nicht trauen zu dürfen. Mitten in milchig trüber, ganz undurchsichtiger Hornhaut befand sich eine völlig klare Scheibe so tadellos und reizlos eingeheilt, als hätte sie zeitlebens dort gesessen. Die Sehschärfe erwies sich als vollkommen normal, der Mann las feinste Druckschrift wie jeder andere. Ein Mensch, der den größten Teil seines Lebens noch vor sich hatte, mit Blindheit geschlagen, war wieder sehend ge-

worden wie zuvor. Der Eindruck wird allen, die das fast Unglaubliche sahen, für immer im Gedächtnis haften. Und es ist gewiß nicht übertrieben, zu behaupten, daß ein einziger solcher Erfolg alle jahrzehntelange, rastlose Forschungsarbeit wohl aufwiegt, ja, daß er sie reichlich belohnt. Und es ist vielleicht der, dem dieser „höchste Preis der Chirurgie“, wie es *Dieffenbach* nannte, zuteil wird, nicht minder beglückt als der andere, dem dadurch sein Augenlicht wieder geschenkt wird.

Einiges über die physiologische Bedeutung der Phosphorsäure.

Von Fritz Laquer, Frankfurt a. M.

Wenn man versucht, sich über die zurzeit vorherrschende Einstellung der biochemischen Forschung Klarheit zu verschaffen, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die anorganische, vor allem die physikalische Chemie und Ionenlehre in Verbindung mit der Kolloidchemie, gegenüber der alten, gewissermaßen klassischen, physiologischen Chemie, die mehr oder weniger eine angewandte Chemie der Eiweißkörper, Fette und Kohlenhydrate bzw. ihrer im Stoffwechsel sich vollziehenden Ab-, Auf- und Umbaureaktionen darstellte, beträchtlich an Gelände gewonnen hat. Es ist hier nicht der Ort, ein Urteil darüber zu fällen, nach welcher Seite das Pendel der Forschung zwischen dem anorganischen und organischen Pol zurzeit zu weit ausgeschlagen erscheint. Zweck der folgenden Seiten soll es sein, zu zeigen, daß auch von der Verfolgung des Schicksals anorganischer Stoffe im Pflanzen- und Tierkörper wichtige Aufschlüsse über die Abbauewege und Zwischenreaktionen organischer Nahrungsmittel erhalten werden können.

Betrachten wollen wir zu diesem Zwecke die *Phosphorsäure*, die zunächst sicher als fakultative, vielleicht sogar obligatorische Komponente des normalen Kohlenhydratabbaues an gewissen Stellen des Pflanzen- und Tierreiches erkannt, bei der Muskeltätigkeit und möglicherweise auch noch bei anderen Grundfunktionen der lebenden Substanz eine entscheidende Rolle spielt, über die uns in den letzten Jahren vor allem die Untersuchungen *Embdens* und seiner Mitarbeiter weitgehende Aufklärung gebracht haben. Nur in diesem Zusammenhang soll Schicksal und Bedeutung der Phosphorsäure verfolgt werden. Ihr Vorkommen in zahlreichen Eiweißkörpern, in den Nukleinsäuren und Phosphatiden, die Verwendung ihrer Salze als Gerüstsubstanz von Knochen und Zähnen spricht für das Vorhandensein zahlreicher anderer Wege und Zusammenhänge des Phosphorsäurestoffwechsels, die zum Teil in ihrer Dynamik weniger eingehend erforscht, schon aus der räumlich gebotenen Beschränkung heraus in ihrer gewaltigen Ausdehnung hier völlig unerörtert bleiben müssen.

I. Die Stellung der Phosphorsäure im Kohlenhydratabbau.

A. Ihre Rolle bei der alkoholischen Gärung und ihr Vorkommen an anderen Stellen des Pflanzenreichs.

Die schon längere Zeit bekannte Begünstigung und Beschleunigung der alkoholischen Gärung durch Zusatz phosphorsaurer Salze fand ihre chemische Erklärung durch die Entdeckung der Hexosediphosphorsäure, die gleichzeitig und unabhängig voneinander *Harden* und *Young* (12) sowie *Iwanoff* (14) glückte. Sie konnten aus dem Gärgut der Hefe eine Verbindung isolieren, die an einem Molekül eines Monosaccharids zwei Moleküle Phosphorsäure esterartig gebunden enthält, und die von ihren Entdeckern auf Grund weiterer Untersuchungen als Fruktosediphosphorsäure angesehen wurde. Die Verbindung selbst konnte bis jetzt nicht zur Kristallisation gebracht werden, und wurde immer nur in Form amorpher Salze abgeschieden. Ihre Osazonverbindung konnte dagegen bald kristallinisch erhalten werden; ganz kürzlich gelang es auch *Neuberg* (24), schön kristallisierende Alkaloidsalze der Hexosediphosphorsäure darzustellen. (In noch nicht veröffentlichten Versuchen konnte *Frl. Cahn* im Frankfurter Institut für veget. Physiologie gleichfalls das gut kristallisierende hexosephosphorsaure Bruzin schon vor einigen Jahren gewinnen.)

Über die Tatsache, daß sich Zucker vor oder bei ihrer Zerlegung durch die Hefefermente mit Phosphorsäure in der geschilderten Weise verestern können, besteht demnach nicht mehr der geringste Zweifel. Strittig ist nur die Frage, ob es sich hierbei um einen obligatorischen oder einen fakultativen Vorgang handelt. Die meisten Autoren sind der Ansicht, daß die Bindung an Phosphorsäure notwendige Vorbedingung für die Angreifbarkeit von Zucker durch Hefe sei. Andere dagegen, wie *Neuberg* (23), sind der Meinung, daß es sich hierbei um einen pathologischen Nebenweg aus den zahlreich verschlungenen Pfaden, die das Zuckermolekül einschlägt, ehe es in Kohlensäure und Alkohol zerfallen kann, handeln müsse.

Es ist nicht möglich, für eine der beiden Auffassungen hier endgültig Stellung zu nehmen. Nur glaube ich, daß man daraus, daß frische Hefe keine Hexosephosphatbildung erkennen läßt, sondern erst nach Abschwächung ihrer Vitalität durch Toluolzusatz oder andere Mittel, nicht schließen kann, daß normalerweise vergärender Zucker überhaupt keine Verbindung mit Phosphorsäure eingeht. Wenn es sich um ein Durchgangsprodukt handelt, so könnte die Hexosephosphorsäure gerade bei völlig ungestörtem Ineinandergreifen aller Zellfunktionen so schnell wieder verschwinden, daß sie sich nur bei absichtlicher Störung dieses komplizierten Getriebes in solchen Mengen anhäuft, daß sie nach-

gewiesen werden kann, wie wir das von vielen Stoffen des intermediären Stoffwechsels kennen. Denn eine intermediär gebildete Substanz kann sich nur dann in nachweisbarer Menge anstauen, wenn die Geschwindigkeit, mit der sie verschwindet, kleiner ist als die, mit der sie entsteht. So können uns gerade Zellen, in denen das Gleichgewicht dieser Geschwindigkeiten irgendwie gestört ist, wichtige Aufschlüsse über den intermediären Stoffwechsel geben, denn im allgemeinen gilt der Satz: Chemische Leistungen, die lebendes oder überlebendes Gewebe unter ungünstigen Bedingungen noch vollbringen kann, werden unter völlig normalen Verhältnissen erst recht ausgeführt.

Es erscheint sogar nicht ganz ausgeschlossen, daß auch an einer ganz anderen Stelle des Pflanzenreiches beim Kohlenhydratabbau der Phosphorsäure eine allerdings im einzelnen noch gänzlich unbekannte Bedeutung zukommt. Nach den Untersuchungen *Samecs* (28) soll Phosphorsäure nämlich ein regelmäßiger Bestandteil pflanzlicher Stärke, und zwar des Amylopektins sein, vorausgesetzt, daß diese ältere Einteilung in Amylose und Amylopektin noch zu Recht besteht, was von neueren Untersuchern der Stärkechemie bestritten wird (*Karrer* (15)). Jedenfalls legt der Befund den Gedanken nahe, daß auch beim diastatischen Abbau höherer Polysaccharide eine intermediäre Bindung an Phosphorsäure Platz greifen könnte.

In diesem Zusammenhang sei auch der Verbindung des Inosits (Hexahydroxybenzol) mit Phosphorsäure kurz Erwähnung getan, deren Magnesium- und Calciumverbindung als *Phytin* in den sich entwickelnden Organen junger Pflanzen in nicht unbeträchtlicher Menge angetroffen wird. Für das Vorhandensein entsprechender Verbindungen im tierischen Organismus wurden von *Rosenberger* (27) und von *Starkstein* (31) freilich noch nicht völlig sichere Anhaltspunkte gewonnen.

B. Ihre Bedeutung für den Kohlenhydratabbau im Muskel.

In ähnlicher Weise, wie die Hefezelle, bedient sich auch die Muskelzelle der Phosphorsäure, um ihre Kohlenhydratbestände abzubauen. (Auf die anderen Übereinstimmungen und Ähnlichkeiten, die zwischen alkoholischer Gärung, Atmung und Muskeltätigkeit bestehen, sei hier nicht eingegangen, besonders da *Meyerhof* (20) vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift bereits darüber berichtet hat.)

Zunächst gelang es *Emden*, *Griesbach* und *Schmitz* (2), zu zeigen, daß die Milchsäurebildung, die beim Stehen von Muskelpreßsaft in Erscheinung tritt, unter gewissen Versuchsbedingungen von dem Auftreten äquimolekularer Phosphorsäuremengen begleitet ist. Während schon früher (1) festgestellt war, daß im Muskelpreßsaft von Warmblütern zugesetzte Kohlenhydrate, wie Gly-

kogen und Traubenzucker, die Milchsäurebildung nicht zu steigern vermochten, war es *Embdén*, *Griesbach* und *Laquer* (3) möglich, durch Zusatz des oben beschriebenen Hefehexosephosphats eine starke Vermehrung der Milchsäure- und auch der Phosphorsäurebildung zu erzielen. Diese drei, am Warmblütermuskelpreßsaft, erhobenen Befunde: Unangreifbarkeit von Traubenzucker und Glykogen, Auftreten äquimolekularer Milchsäure- und Phosphorsäuremengen, Steigerung der Milchsäure- und Phosphorsäurebildung durch Hexosephosphat, führten *Embdén* zu der Annahme, daß als unmittelbare Vorstufe der im Muskel auftretenden Milchsäure und Phosphorsäure ein *Lactacidogen* vorhanden sei. Dieses sollte aus einem an Phosphorsäure gebundene Kohlenhydratkomplex bestehen und mit dem bei der alkoholischen Gärung entstehenden Hexosephosphat weitgehende Ähnlichkeit haben.

Tatsächlich gelang es kurz darauf *Embdén* und *Laquer* (4), diese hypothetisch geforderte Verbindung aus frischem Muskelbrei in Form ihrer Osazonverbindung zur Abscheidung zu bringen. Sie ist mit der aus Hefehexosephosphat gewonnenen Osazonverbindung identisch. Ihre Darstellung macht keine methodischen Schwierigkeiten, nur muß man mit ganz frischem Material arbeiten, da nach dem Tod des Tieres ziemlich rasch eine fermentative Zersetzung eintritt. Wenn auch die erwähnte Osazonverbindung mit der aus Hefehexosephosphorsäure völlig übereinstimmt, so liegen doch mehrere Anhaltspunkte dafür vor, daß das *Lactacidogen* selbst, wie es im lebensfrischen Muskel vorhanden ist, mit Hefehexosephosphorsäure chemisch nicht vollkommen identisch ist. Hierüber sind fortgesetzte Untersuchungen im Gange.

Eine Bestätigung der Annahme, daß der Phosphorsäure beim Kohlenhydratabbau im Muskel eine entscheidende Rolle zukommt, lieferten späterhin die unabhängig voneinander von *Meyerhof* (22) und *Laquer* (19) erhobenen Befunde, nach denen im Froschmuskelbrei, der im Gegensatz zum Preßsaft aus Warmblütermuskeln auch ihm von außen zugesetzte Kohlenhydrate unter gewissen Bedingungen in Milchsäure umwandeln kann, diese Fähigkeit an das Vorhandensein eines Phosphatmilieus gebunden ist, das hierbei durch andere Salze nicht ersetzt werden kann. So erklärt sich wohl auch die fördernde Wirkung der Phosphate bei der Zellatmung. Da die Milchsäurebildung im Muskel nach der treffenden *Meyerhofschen* Formulierung der „Schrittmacher der Atmung“ ist, wird jede die Milchsäurebildung begünstigende Milieuänderung auch auf die Zellatmung fördernd wirken.

Möglicherweise kommt hierbei außerdem noch die direkte Verbrennung von Glycerinphosphorsäure in Betracht, die, wie *Meyerhof* (21) am Muskelbrei feststellte, von einer Abspaltung anorganischer Phosphorsäure begleitet wird. Demnach muß auch

auf der Dreikohlenstoffstufe beim Zuckerabbau intermediäre Bindung an Phosphorsäure in Betracht gezogen werden. Da das einzige hier bekannte Produkt gerade die Verbindung zwischen Phosphorsäure und Glycerin, das gewissermaßen am Schnittpunkt der Abbauewege der Kohlenhydrate mit dem der Fette steht, darstellt, so könnte man daran denken, daß auch für den Fettstoffwechsel der Phosphorsäure eine gewisse Bedeutung zukommt, wie das schon vor einigen Jahren bereits einmal von *Reicher* (26) geäußert worden ist. Die Physiologie der Glycerinphosphorsäure leitete ungezwungen hinüber zur Betrachtung der Phosphatide usw., ein Gebiet, das hier aber, wie erwähnt, unberücksichtigt bleiben soll.

II. Die Muskelkontraktion.

1. Auftreten von Phosphorsäure bei der Muskel-tätigkeit.

Sobald erkannt war, daß die Milchsäurebildung im Muskel von dem Auftreten von Phosphorsäure begleitet ist, hatte *Embdén* das *Lactacidogen* als die Betriebssubstanz des Muskels angesehen in dem Sinne, daß es im Augenblick der Kontraktion explosionsartig in Milchsäure und Phosphorsäure zerfällt. Die sich hierbei entwickelnde starke Zunahme saurer Valenzen soll dann unmittelbar die Reihe der im einzelnen hier nicht zu analysierenden physikochemischen Prozesse auslösen, welche die Verkürzung der Muskelfaser bewirken. Während aber das Auftreten von Milchsäure bei der Muskel-tätigkeit schon lange bekannt war und gerade in den letzten beiden Jahrzehnten seit der ersten grundlegenden Veröffentlichung von *Fletcher* und *Hopkins* (10) von verschiedenen Seiten sehr eingehend erforscht werden konnte, ließ sich eine Vermehrung anorganischer Phosphorsäure im tätigen Muskel zunächst nicht feststellen. Weder *Parnas* und *Wagner* (25) noch *Laquer* (18) fanden bei bis zur Erschöpfung tetanisierten Froschmuskeln eine Steigerung ihres Gehalts an anorganischer Phosphorsäure. Am Warmblüter (5) konnte dagegen gezeigt werden, daß stark ermüdende Muskelarbeit beim Kaninchen und Hund zu einer Vermehrung der freien anorganischen Phosphorsäure und entsprechenden Verminderung der organischen Phosphorsäurefraktion ihres unmittelbar nach der Tätigkeit hergestellten Muskelbreies führte, beim Kaninchen allerdings nur in der leichter ermüdenden weißen, nicht in der schwerer ermüdenden roten Muskulatur. Diese Befunde wurden so gedeutet, daß im allgemeinen, besonders beim Froschmuskel, die im Kontraktionsaugenblick frei werdende Phosphorsäure sich bei der Erschlaffung sofort wieder mit neuem Kohlenhydrat zu *Lactacidogen* aufbaut, so daß sie im tätig gewesenen, also schon in der Erholungsperiode untersuchten Muskel nicht mehr gefaßt werden kann. Erst neuerdings gelang es *Embdén* und *Lawaczek* (7) durch Anwendung

flüssiger Luft den chemischen Zustand des Froschmuskels unmittelbar im Kontraktionsmoment zu fixieren. Hierbei fand sich, wie erwartet, eine zum Teil sehr beträchtliche Abspaltung freier Phosphorsäure, die spätestens gleichzeitig mit dem Eintritt der Erschlaffung wieder verschwindet.

Auf gänzlich anderem Wege war das Auftreten von Phosphorsäure bei der Muskeltätigkeit in Versuchen von *Emden* und *Adler* (8) festgestellt worden. Sie fanden, daß isolierte Froschmuskeln, die im Ruhezustand keine oder nur unbedeutende Mengen freier Phosphorsäure an die Umgebung abgeben, bei ihrer Tätigkeit reichlich Phosphorsäure ausscheiden. Diese Ausscheidung rührt jedoch neben der Bildung anorganischer Phosphorsäure bei der Muskeltätigkeit vor allem von der Veränderung der Durchlässigkeit von Muskelfasergrenzschichten her, die auch noch bei vielen anderen Prozessen, so z. B. bei der Kalilähmung, der Erstickung, der Narkose, der Adrenalinwirkung usw. von entscheidender Bedeutung ist. Darüber wird demnächst an anderer Stelle zusammenfassend berichtet werden.

Auf diese Weise war nach den verschiedensten Methoden die physiologische Bedeutung des Lactacidogens als Betriebssubstanz des Muskels gezeigt worden und erwiesen, daß es im Kontraktionsaugenblick zerfällt in freie Phosphorsäure und Kohlenhydrat (bzw. Milchsäure), während es bei der Erschlaffung und Erholung des Muskels wieder neu aufgebaut wird.

B. Die Höhe des Lactacidogengehalts.

Über die Menge des Lactacidogens der quergestreiften Muskulatur (in der glatten Uterusmuskulatur scheint es völlig zu fehlen) kann man durch die Darstellung der Osazonverbindung keine Anhaltspunkte gewinnen, da sie mit sehr großen Verlusten verknüpft ist. Dagegen läßt sich auf indirektem Wege die Höhe des im quergestreiften Muskel vorhandenen Lactacidogenbestandes feststellen.

Schon zu Beginn der in diesem Aufsatz wiedergegebenen Untersuchungen war beobachtet worden (18), daß der fein zerhackte Brei von Froschmuskeln, wenn er eine Stunde lang einer Temperatur von 45° ausgesetzt wird, eine starke Vermehrung anorganischer Phosphorsäure zeigt. Es wurde höchst wahrscheinlich gemacht, daß die ganze bei dieser sogenannten „Wärmestarre“ in Freiheit gesetzte Phosphorsäure dem Lactacidogen entstammt, womit eine Methode zu seiner quantitativen Bestimmung gegeben war.

Systematische Untersuchungen über die Höhe des Lactacidogengehalts verschiedener Muskeln, die mit der Fülle der darin niedergelegten Einzelbeobachtungen hier nicht ausführlich wiedergegeben werden können (vgl. *Schmitz*, Über die Bedeutung der Phosphorsäure für die Muskelphysiologie) (29), lehrten, daß der Lactacidogengehalt jedes Muskels um so höher ist, je

schneller er arbeitet. So enthält beim Kaninchen der flinke weiße Muskel mehr Lactacidogen als der träge rote, träge Winterfrösche haben einen viel geringeren Lactacidogengehalt als lebhaft Sommerfrösche usw. Umgekehrt wie der Lactacidogengehalt verhält sich in den meisten Fällen eine andere Phosphorsäurefraktion des Muskels, die von *Emden* und seinen Mitarbeitern als „Restphosphorsäure“ bezeichnet wurde und sämtliche organische Phosphorsäureverbindungen mit Ausnahme des Lactacidogens umfaßt. Sie wird gerade bei den Tieren und in denjenigen Muskelgruppen in erhöhter Menge angetroffen, die zähe, ausdauernde Arbeit zu leisten haben, während ein hoher Lactacidogengehalt für schnell arbeitende Muskeln charakteristisch erscheint. Wo, wie im Brustmuskel der Taube, rasche und ausdauernde Arbeit miteinander verpaart ist, erreicht der Gesamtphosphorsäuregehalt weitaus die höchsten beobachteten Werte.

C. Phosphatwirkungen am ganzen Organismus.

Wenn tatsächlich Muskelarbeit mit einem Zerfall und Wiederaufbau einer Kohlenhydratphosphorsäureverbindung verbunden ist, so war zu erwarten, daß eine Verabreichung anorganischer Phosphorsäure diesen Prozeß begünstigen und somit eine Steigerung muskulärer Leistungsfähigkeit herbeiführen könnte. Solche Versuche wurden schon während des Krieges in großem Umfange ausgeführt. Zunächst an einzelnen Personen, die am Ergostaten arbeiteten (6). Es ließ sich bei ihnen durch Verabreichung eines Trankes, der anorganische Phosphorsäure enthielt, von deren Vorhandensein die betreffenden Versuchspersonen natürlich nichts wußten, eine Steigerung der Leistungen um durchschnittlich 20 %, teilweise auch eine sehr viel höhere, erzielen. Auch Massenversuche (9) an Soldaten, Bergarbeitern und Sportsleuten (13) führten zu ähnlichen günstigen Erfolgen, womit ganz allgemein gezeigt werden konnte, daß bei den meisten Menschen eine reichliche Zufuhr anorganischer Phosphorsäure in Form ihres Natriumsalzes ihre muskuläre Leistungsfähigkeit hebt.

Doch nicht nur auf dem Gebiet rein muskulärer Leistungen zeigt sich die günstige Wirkung der Phosphate auf den menschlichen Organismus. Viele Untersucher berichten über auffallend gute Beeinflussungen anderer vitaler Funktionen bei regelmäßiger Verabreichung von reinem primärem Natriumphosphat, wie es unter dem Namen „Reccesal“ von den Chemischen Werken vorm. H. u. E. Albert in Biebrich a. Rh. in den Handel gebracht wird. Eine Zusammenstellung der bisherigen kasuistischen Literatur findet sich bei *Schmitz* (29) und *Griesbach* (11). Hervorheben möchte ich hier nur die fördernde Wirkung der Phosphatverabreichung auf die Stillfähigkeit und auf zahlreiche rein nervöse Funktionen. Schon daraus kann man entnehmen, daß der Phosphorsäure auch für andere Zelleistungen

eine gewisse Bedeutung zukommt, wofür auch direkte experimentelle Anhaltspunkte gewonnen werden konnten, worüber der letzte Abschnitt berichten soll.

III. Bedeutung der Phosphorsäure für andere Zellfunktionen.

Lange und Simon (17) konnten zeigen, daß bei der Belichtung der Froschretina anorganische Phosphorsäure von der Netzhaut abgegeben wird. In gleicher Weise wie beim tätigen Muskel kann diese mit der spezifischen Funktion verknüpfte reversible Permeabilitätsänderung mit empfindlichen qualitativen Reaktionen zum Nachweis freier Phosphorsäure sichtbar gemacht werden. Auch bei höherer Erwärmung, die beim Muskel die „Wärmestarre“ hervorruft, spaltet die Retina Phosphorsäure ab. Da hierbei ein gleichzeitiges Auftreten von Milchsäure vermifft wird, ist wohl anzunehmen, daß die mit der Tätigkeit der Retina verbundene Phosphorsäureabspaltung aus einer Verbindung erfolgt, die mit dem Lactacidogen des Muskels oder ähnlich gebauten Körpern nicht verwandt ist.

Daß bei elektrischer Reizung des Rückenmarks sich ganz ähnliche Vorgänge abspielen, geht aus noch nicht veröffentlichten Versuchen von H. Behrendt hervor. Ferner zeigen kürzlich erhobene Befunde von Kestner (16), daß bei angestrengter geistiger Tätigkeit sich die Phosphorsäurewerte im Blute erhöhen.

Schließlich seien neue Untersuchungen von Schmitz (30) erwähnt, die zeigen, daß auch Drüsen Phosphorsäure abspalten können, wobei gleichzeitig wieder Milchsäure auftritt, ein Befund, der zu der Annahme führt, daß die bekanntlich auch bei der Drüsenfunktion beobachtete Säuerung mindestens zum Teil durch das Auftreten freier Phosphorsäure bedingt ist; der Chiasmus dieses Vorgangs bedarf allerdings im einzelnen noch weitgehender Aufklärung.

Am speziellen Beispiel der Phosphorsäure konnten wir somit sehen, wie eng sich die Wege, die der Stoffwechsel organischer Nahrungsstoffe einschlägt, mit dem Schicksal eines Anions verbindet. In diesem besonderen Glücksfall ist es auch gelungen, was für den Untersucher stets den befriedigendsten Abschluß bildet, das Verbindungsprodukt chemisch zu isolieren und zur Reindarstellung zu bringen. Vielleicht beruht die jetzt so häufig untersuchte spezifische Wirkung anderer Anionen und auch Kationen gleichfalls zum Teil auf der Bildung derartiger stöchiometrischer Verbindungen. Nach solchen Verbindungsprodukten zwischen organischen Substanzen und gewöhnlichen anorganischen Salzen zu suchen, erscheint, wie die Bearbeitung so manchen Grenzgebietes, als eine besonders reizvolle Aufgabe.

Erwähnte Arbeiten:

1. Embden, Kalberlah und Engel, Bioch. Ztschr. 45, 45, 1912.
2. Embden, Griesbach und Schmitz, Ztschr. f. physiol. Chemie 93, 1, 1914.
3. Embden, Griesbach und Laquer, ebenda 93, 124, 1914.
4. Embden und Laquer, ebenda 93, 94, 1914; 113, 1, 1921.
5. Embden, Schmitz und Meincke, ebenda 113, 10, 1921.
6. Embden, Grafe und Schmitz, ebenda 113, 67, 1921.
7. Embden und Lwaczcek, Bioch. Ztschr. 127, 181, 1922.
8. Embden und Adler, Ztschr. f. physiol. Chemie 118, 1, 1921.
9. Embden, Med. Klinik 1919, Nr. 30.
10. Fletcher und Hopkins, Journ. of physiol. 35, 247, 1907.
11. Griesbach, Med. Klinik 1922, Nr. 17.
12. Harden und Young, Proc. chem. soc. 65, 1907.
13. Herzheimer, Kli. Wo. 1, 480, 1922.
14. Iwanoff, Ztschft. f. physiol. Chemie 50, 281, 1907.
15. Karrer, Ergebn. d. Physiol. 20, 433, 1922.
16. Kestner und Knipping, Kli. Wo. 1, 1353, 1922.
17. Lange und Simon, Ztschft. f. physiol. Chemie 120, 1, 1922.
18. Laquer, ebenda 93, 60, 1914.
19. Laquer, ebenda 116, 169, 1921.
20. Meyerhof, Die Naturwissenschaften 8, 696, 1920.
21. Meyerhof, Pflügers Archiv 175, 20, 1919.
22. Meyerhof, ebenda 188, 114, 1921.
23. Neuberg, Bioch. Ztschft. 103, 320, 1920.
24. Neuberg und Dalmer, ebenda 131, 188, 1922.
25. Parnas und Wagner, ebenda 61, 387, 1914.
26. Reicher, Verh. d. 30. Kongr. f. inn. Med., Wiesbaden 1913.
27. Rosenberger, Ztschft. f. physiol. Chemie 58, 369, 1909.
28. Samiec, Kolloidchem. Beihefte 6, 23, 1914.
29. Schmitz, Kli. Wo. 1, 432, 1922.
30. Schmitz, Verh. d. Hundertjahrfeier der Ges. Deutscher Naturforscher u. Ärzte, Leipzig 1923.
31. Starckenstein, Ztschft. f. physiol. Chemie 58, 162, 1909.

Besprechungen.

Hoffmann, Bernhard, Führer durch unsere Vogelwelt.

II. Teil. Vom Bau und Leben der Vögel. Mit Bildschmuck nach Zeichnungen von Martin Semmer. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1923. 148 S. 12 × 18 cm.

Beim Lesen dieses Buches kam mir unwillkürlich der Gedanke, wie viel besser es doch heutzutage die heranwachsende Jugend hat, wenn sie sich über biologische Dinge belehren lassen will, als ich in meinen eigenen Knabenjahren, die doch kaum ein Menschenalter zurückliegen. An Begeisterung für ihren Stoff fehlte es den Brehm und Roßmäßler, Wagner und Gebrüder Müller zwar sicherlich nicht, und hinsichtlich sprachlicher Meisterschaft könnten sie es mit vielen sehr anspruchsvollen Enkeln recht leicht aufnehmen, aber wer von ihnen hätte wohl die verschiedensten Zweige der Wissenschaft so beherrscht wie dieser Prof. Bernhard Hoffmann. Das ist durchaus nicht nur sein Verdienst; er darf eben die zielbewußte Arbeit einer ganzen Generation von Ornithologen nützen. Ein B. Altum ging gewißlich mehr in die Tiefe und war Hoffmann sicher auch an logischer Kraft überlegen — ich glaube, der Verfasser unseres schönen Buchs gäbe das selber am freudigsten zu —, aber dennoch ist dieses neue Werkchen für den Vogelfreund wohl ein prak-

tischeres Hilfsmittel als *Altums* so wesenhaftes Vogelbuch.

In vielen Fällen vermag ich *Hoffmanns* Ansichten nicht durchaus zu teilen, doch wäre es kleinlich, das hier besonders hervorheben zu wollen, ist doch das eine so strittig wie das andere, und vor allen Dingen wird dadurch der Wert dieses Buches, seine Fähigkeit, naturfrohe Leser zu eigenem Nachdenken über biologische Fragen anzuregen, nicht im mindesten beeinträchtigt. Eine staunenswerte Fülle von Stoff ist auf diesen 148 Seiten verarbeitet. Auch die sprachliche Ausdrucksweise verdient alles Lob; sie ist bei aller Sachlichkeit, die jede Phrase ablehnt, doch voll innerer Wärme. Der Anfang des Abschnittes über die Wanderungen der Vögel eignete sich trefflich für die Lesebücher unserer Schuljugend. Dabei bescheidet sich der Verfasser überall mit dem, was als sicher erkannt gelten darf. Die Schrift des baltischen Ornithologen *Axel v. Löwis* über die Ehe der Singvögel, für mich nicht ohne guten Grund ein Lieblingsbuch vergangener Zeiten, bringt viel mehr als *Hoffmanns* Abschnitt: Von Ehe und Familienleben der Vögel, muß sich dafür aber auch den Vorwurf gefallen lassen, daß sie manche glaubensstarke Behauptung enthält, deren empirische Begründung recht schwach ist. Dabei werden uns in dem Hoffmannschen Buch die behandelten Fragen überall durch eigene Beobachtungen des Verfassers näher gebracht, der auch in der Hinsicht ein rechter Volksschriftsteller ist, daß er solche Abschweifungen liebt, welche uns den Vogel als Gegenstand volkstümlicher Naturerkenntnis zeigen. Wie verständig weiß er nicht z. B. das Sprichwort: „Eine Schwalbe macht keinen Sommer“ auf richtige Beobachtung des Vogellebens zurückzuführen!

Daher bestätigt auch diese Schrift das anerkennende Urteil, das ich schon so manches Mal über Männer wie *Alwin Voigt* und *Bernhard Hoffmann* gefällt habe. Mögen andere Ornithologen sich anspruchsvoller in die akademische Toga strengster Wissenschaftlichkeit hüllen dürfen, diese beiden Sachsen haben sich um ihr Volk ein unschätzbares Verdienst erworben und Naturliebe, Heimatsliebe in der Seele manches Jünglings geweckt, in dem Herzen manches Mannes, ja Greises vertieft und durch klare Erkenntnis geadelt.

Auch die kleinen, aber weiträumigen und reich belebten Bildchen *Martin Semmers*, mit denen der Band geschmückt worden ist, haben auf ein Wort der Anerkennung begründeten Anspruch.

Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.

Lutz, K., Tierpsychologie. Aus Natur und Geisteswelt Bd. 826. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1923. 120 S. 12 × 18 cm.

Die Aufgabe, den gebildeten, aber zoologisch oder psychologisch nicht geschulten Leser in die Anfangsgründe der Tierpsychologie einzuführen, hat Verf. in ausgezeichneter Weise gelöst. Schon die energische Stellungnahme gegen die naiv vermenschlichende „Vulgär“-Psychologie, besonders auch gegen die Kritikalosigkeit derer, die an „rechnende“ und „denkende“ Hunde, Pferde usw. glauben, ist verdienstvoll und wird weiten Kreisen die Augen öffnen. Dennoch lernt der mit der Materie einigermaßen Vertraute aus der Schrift wohl nicht allzuviel; er findet fast nur die bekanntesten Beispiele und nur bekannte Abbildungen¹⁾.

¹⁾ In Fig. 28 ist sogar ein Druckfehler, nämlich ein versehentlich beigefügtes schwarzes Rechteck außerhalb des Versuchstisches im Leeren, gewissenhaft wiedergegeben. Vgl. v. *Frisch*, Naturwissenschaftl. Monatshefte 1920, S. 147, mit der Originalfigur, Zool. Jahrb. Abt. Physiol., Bd. 35, 1914, Taf. 1, Fig. 1.

Die Darstellung ist in hohem Maße unpersönlich; die freilich mit außerordentlichem Geschick ausgewählten Zitate aus den Werken anerkannter Forscher füllen oft ganze Seiten und zwar nicht selten die wichtigsten des ganzen Gedankenganges.

Nach einer kurzen Darstellung des Begriffes und der Aufgaben der Tierpsychologie sowie der Forschungsmethoden werden in drei getrennten Kapiteln die Reaktionen, die Instinkte und die Gedächtnishandlungen der Tiere besprochen. Der sechste Abschnitt über die „Denkhandlungen“ der Tiere kommt zu dem negativen Ergebnis, daß trotz Rolfs, des klugen Hanses, Mehmeds, Zarifs, der Schimpansen *Basso* usw. tierisches Denken bisher noch nicht nachgewiesen wurde, daß vielmehr Reizreaktionen, Reflexe, Instinkte und Assoziationen vollständig zur Erklärung der tierischen Handlungen ausreichen; von den besonderen Verhältnissen bei den Menschenaffen ist sogleich noch die Rede. Sehr lesenswert ist der 7. Abschnitt über die Abrichtungsmethoden. Im 8. Kapitel, das von der stammesgeschichtlichen Entwicklung des tierischen und menschlichen Verhaltens redet, kommt dann auch *Köhler* mit seinen Ergebnissen an Menschenaffen zu Worte, diese zeigen ein „einsichtiges“ Verhalten. Der Schlußabschnitt weist auf die praktische Bedeutung tierpsychologischer Untersuchungen hin (Erkenntnis der menschlichen, bisher oft vernachlässigten Instinkthandlungen per analogiam, Dressur und Pädagogik, Diensthunde, Schulunterricht). — Die Sinnesphysiologie ist mit vier Seiten entschieden zu schlecht weggekommen: beim statischen Sinn der Wirbeltiere erfahren wir z. B. von den labyrinthlosen Tauben nur, wie fliegen schwankend durch die Luft (*Ewald!*). Der bekannte Streitfall des Farbensehens der Wirbellosen läßt den Verf. selbst an der Möglichkeit einer Entscheidung zweifeln, weil bei derartigen Untersuchungen „eine Menge von Fehlerquellen möglich ist, welche sich trotz aller Kritik und alles Scharfsinnes doch nie ganz ausschließen lassen“. Jedoch entscheidet er sich selbst für die richtige Alternative, d. h. die Existenz von Farbensinn auch bei Wirbellosen. — Nach ihrem Verhalten lassen sich die Tiere in 7 Typen einteilen: 1. der passive Typus (fehlende Ortsbewegung, fest-sitzende Formen), 2. der reaktive Typus (positive, negative, Nahrungsreaktionen, *Paramoecium*), 3. der behaltende, d. h. Remanenz zeigende (wiederholte Reize werden leichter beantwortet, *Stentor*), 4. der reflektorische (ausschließlich Reflexbewegungen, Ameisenlöwe), 5. der instinktive (mit unabänderlichen Reflexketten, *Fabres* beim Nestbau gestörte Wespen), 6. der erfahrene (der Assoziationen zu bilden und seine Instinkte dem jeweiligen Erfahrungszustande anzupassen vermag, Biene), 7. der einsichtige Typus (er schlägt den zwar überschaubaren, aber bisher noch nie begangenen Umweg zum Ziele ein, wenn der direkte Weg ungangbar wird, Anthropoiden). So verdientvoll es auch ist, solche Einteilungen zu schaffen, so weit ist noch der Weg zu einer endgültigen und befriedigenden Fassung, wie Verf. es selbst empfindet. Man könnte beispielsweise verschiedene Handlungen eines und des selben Tieres nicht weniger als vier der oben aufgezählten Typen eingliedern, z. B. die menschlichen Handlungen den Typen 4–7, die der Hydra den Typen 1–4. *O. Köhler, München.*

Schoenichen, W., Praktikum der Insektenkunde nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1921. X, 227 S. und 261 Abbildungen.

Schoenichens Praktikum der Insektenkunde ist in

der zweiten Auflage durch neu aufgenommenen Abschnitte über Lepisma, blütenbesuchende Käfer, Hautflügler und Fliegen, über die pflanzenschädlichen Borkenkäfer und Blattwespen, über Schlupfwespen, Kleiderlaus und Hundefloh wesentlich erweitert worden. Eine Anzahl früherer Lichtbilder ist durch Strichzeichnungen ersetzt worden, neue, meist schematische Abbildungen sind hinzugefügt. An dem Grundplan seines Werkes hat Verfasser festgehalten. Er führt dem Praktikanten und Leser bei der Herstellung von instruktiven Präparaten eine Fülle interessanter und wissenschaftlichen Tatsachenmaterials im besonderen Hinblick auf biologisch-ökologische Verhältnisse vor. Es sind Kostproben, die Dank einer liebenswürdigen Darstellung zu vertieftem Studium außerordentlich anregen. Man vermißt aber leider die systematische Durchdringung des gesamten Stoffes. Und wenn sich Verfasser auch nicht die Aufgabe gestellt hat, eine Einführung in die vergleichende Anatomie und Histologie des Insektenkörpers zu bieten, so sind tatsächlich doch so viele Einzelheiten, besonders über den allgemeinen Körperbau und die Kutikularbildungen der Insekten zur Darstellung gelangt, daß der Inhalt des Werkes in dieser Richtung ohne jede Mehrbelastung wesentlich hätte bereichert und vor allem auch auf den modernen Stand der Forschung hätte gebracht werden können. Dies gilt vor allem für die Bearbeitung der Mundwerkzeuge und Hinterleibsanhänge, die in den verschiedenen Kapiteln ungleichwertig ist und die vorhandene Literatur nur einseitig berücksichtigt hat. Zu bedauern ist die bei der Neuauflage erfolgte Anlehnung in der Ordnungsfolge der Insekten an die Handlirsch'sche Schule und die dadurch eingetretene willkürliche Trennung der nach ihrer Entwicklungsweise zusammengehörigen Insekten. Im einzelnen sei noch bemerkt, daß z. B. die Haarbildungen an den Stigmen in mehreren Fällen als Staubschutz-Einrichtungen, in anderen aber und wahrscheinlich richtiger als Vorrichtung zum Verdichten und Festhalten der Atemluft beschrieben worden sind. In der Darstellung des Schnellapparates der Schnellkäfer ist auf die von Verhoeff gegebene biologische Deutung des Vorganges (Hebelwirkung zur Überwindung der Druckwiderstände in Erde, unter Baumrinde und dergl.) nicht Bezug genommen worden. Die Rinne des „Zungenstabes“ der Bienenzunge ist nach Zander noch irrtümlich als Kapillarrohr zur Aufnahme kleinster Nahrungströpfchen interpretiert worden, während sie tatsächlich die Ausflußrinne für den Speichel ist. Metamorphose und Fortpflanzungsweise der Insekten sind kaum erörtert, obwohl sie gerade im Sinne des Untertitels des Werkes zur Darstellung außerordentlich interessanter Verhältnisse und Beziehungen hätten Anlaß geben können. Von morphologisch oder biologisch interessanten Insektengruppen bleiben Machilis, Blasenfüße, Ameisen u. a. unbehandelt.

Bei dem dringenden Bedürfnis nach einem brauchbaren Praktikum der Insektenkunde, dem *Schoenichen's* Praktikum abzuheffen geeignet erscheint, wäre daher die Berücksichtigung der vorgetragenen Wünsche bei Herausgabe einer neuen Auflage sehr zu begrüßen.

Carl Börner, Naumburg.

Stoklasa, Julius, Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. Jena, Gustav Fischer, 1922. 80. 500 S.

Das Werk stellt das Ergebnis langjähriger Studien und Untersuchungen des Verfassers dar, bei denen er

von zahlreichen Mitarbeitern unterstützt wurde. So entstand eine ausführliche Monographie, die den Gegenstand von allen Seiten beleuchtet. Teilweise handelt es sich um Literaturstudien und theoretische Überlegungen, teilweise um ausgedehnte Versuchsreihen. Der Schluß, der sich aus dem allen ergibt, lautet: „daß man das Aluminium nicht wie bisher als einen akzessorischen Bestandteil der Pflanze betrachten soll — vielmehr ist eine bedeutende Rolle und physiologische Funktion demselben bei gewissen Pflanzenfamilien, und zwar bei den Hydrophyten, Hygrophyten und Mesophyten zugewiesen“.

Der Verfasser wendet sich mit Recht gegen die Verallgemeinerung der Versuche an einigen wenigen Versuchspflanzen, die zudem durchweg Kulturpflanzen waren, wenn es sich darum handelt, das Nährsalzbedürfnis festzustellen, das sehr wohl von Pflanze zu Pflanze wechseln kann, wie wir das ja auch z. B. bei den Algen sehen, die teilweise Ca brauchen, teilweise nicht. Nur breit angelegte Versuche mit einer großen Anzahl von Arten können entscheiden. Das hat der Verf. in bezug auf das Aluminium unternommen. Ob er dabei wirklich, wie er meint, das Studienmaterial so ziemlich erschöpft hat, wird erst die Zukunft lehren können, die hoffentlich recht bald Nachuntersuchungen bringen wird, damit die auch praktisch wichtigen Ergebnisse auch von anderer Seite bestätigt und für den Pflanzenbau und die Urbarmachung von Ödland nutzbar gemacht werden können.

Der Inhalt des Buches ist sehr mannigfaltig, wie die Kapitelüberschriften zeigen werden. 1. Verbreitung des Aluminiums in der Erdkruste. 2. Studien über den Verwitterungsprozeß von Orthoklas. 3. Die Genese der Kaolinbildung. 4. Bildung des Laterits. 5. Die Typen der Bodenbildung. 6. Die Reaktion der Böden. 7. Über die Verbreitung des Aluminiums in den gewöhnlichen natürlichen Wässern. 8. Einfluß der Organismen auf die Entstehung der Ackererde. 9. Über die Verbreitung des Aluminiums in der Pflanzenwelt. 10. Über die Verbreitung des Aluminiums in der Tierwelt. 11. Über den Einfluß des Aluminiums auf die Keimung des Samens und die Entwicklung der Pflanzen. 12. Über den Einfluß des Aluminiums auf die Entwicklung der Pflanzen. 13. Über die Resorption des Aluminiums durch das Wurzelsystem der Pflanzen. 14. Über die Beeinflussung der Eisenaufnahme in die lebende Zelle durch das Aluminium. 15. Über die physiologische Bedeutung des Aluminiums für den Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. 16. Über die Bedeutung des Aluminiums für den Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. 17. Über den Stoffaustausch der Ionen. 18. In welcher Form wird das Aluminium am vorteilhaftesten resorbiert? 19. Über die Wirkung des Aluminiums auf die Farbe der Blüten. 20. In welcher Form ist das Aluminium im Organismus der Pflanze vorhanden? 21. Über das Vorkommen des Aluminiums in den Pflanzenzellmembranen. 22. Über das Vorkommen des Aluminiums in den Nukleoproteiden. 23. Über die Nährstoffsehe der Hydrophyten und Hygrophyten, insbesondere der Torfmoose (Sphagneen). 24. Über das Leben der vorweltlichen Pflanzen.

Es ist natürlich unmöglich, in einem Referat einen wirklichen Überblick über diesen reichen Inhalt zu geben. Daher sei nur einiges hervorgehoben. Die Untersuchungen über die Verwitterung Al-haltiger Gesteine führten zu dem Schluß, daß dabei ein wasserhaltiges Aluminium-Ferri- und Ferro-Silikat in kolloider Form, weiter kolloidales Aluminium- und Eisen-

hydroxyd sich bildet. Durch die Tätigkeit der Mikroorganismen im Boden soll das Aluminium in den Kreislauf gerissen werden, so daß es in assimilierbarer Form für das Wurzelsystem der höheren Pflanzen bereit steht. In Pflanzen findet sich das Aluminium nur in geringer Menge, wenn sie trockene Standorte bewohnen. Dieselben Arten aber an feuchten Standorten sowie Hydrophyten und Hygrophile enthalten es reichlicher. Bei der Keimung wurde Aluminiumchlorid als Reizstoff festgestellt, und zwar wirkte es auf verschiedene Kulturpflanzen am besten in Konzentrationen von 0,0001—0,0005 Mol. Dabei kann das Aluminium, das bei höherer Konzentration selbst giftig wirkt, das Mangan entgiften. Höhere Konzentrationen von Al-Verbindungen wurden von Bewohnern feuchter Standorte getragen, die, wie z. B. Carexarten, Ranunculus fluitans, Caltha palustris u. a., die durch 0,001 Mol Aluminiumsulfat stark gefördert wurden. Sehr wichtig ist die gegenseitige Beeinflussung der Aufnahme von Aluminium, Mangan und Eisen in die Pflanze, die eingehend behandelt wird. Die Form, in der das Aluminium nach dem Verf. am vorteilhaftesten in die Pflanze aufgenommen wird, ist die organisch gebundene. Bei Besprechung der Verbindung, in der das Aluminium in der Pflanze vorliegt, schließt der Verf. auf organische Substanzen. Auch in der Zellmembran ist es zu finden, und zwar soll es auf die Zellwände gerbend einwirken und sich in dem Zellulosemolekül einlagern. Der in diesem Kapitel ausgesprochenen Meinung, daß in den Zellwänden keine wirkliche chemische Verbindung von Zellulose und Nichtzellulose vorliegen könne, weil sonst nicht nach der Entfernung einzelner Bestandteile die Form erhalten bleiben könne, muß — z. B. im Hinblick auf den Prozeß der Verkohlung — widersprochen werden. Aus den Ernährungsversuchen mit Pflanzen der Torfmoore ergab sich das bemerkenswerte Resultat, daß diese ohne Al nicht gedeihen können. Den Schluß machen Spekulationen über die Bedingungen, unter denen sich in der Vorwelt die großen Mengen von Pflanzenresten angehäuft haben, die die Materialien für die Ablagerung der Kohle geliefert haben.

E. G. Pringsheim, Prag.

Oltmanns, Friedr., Morphologie und Biologie der Algen.

2. Aufl. 2. Bd. Phäophyceae—Rhodophyceae. Jena. Gustav Fischer, 1922. IV, 439 S. und 325 Fig.

Dem ersten Band der zweiten Auflage von Oltmanns' Algenbuch (Naturwiss. 1922, S. 924) ist schnell der zweite gefolgt. Auch dieser ist stark umgearbeitet und dem jetzigen Stand der Wissenschaft angepaßt. Die Braunalgen sind nicht mehr in drei Gruppen eingeteilt, sondern weiter zerlegt, so daß sieben kleinere Reihen entstehen, die ziemlich unabhängig nebeneinander stehen. Leider ist das ja meistens der Gang der Entwicklung in der Systematik, daß mit fortschreitender Kenntnis die Differenzen in den früher mehr einheitlich erscheinenden Gruppen immer mehr hervortreten. Trotzdem stellen die Braunalgen eine systematische Einheit dar, zusammengehalten durch die Farbe der Chromatophoren, die Art der Assimilate und die Form der beweglichen Zellen, soweit solche vorkommen. Die morphologischen Verhältnisse sind eingehend und klar geschildert, so daß man ein deutliches Bild von ihrer Mannigfaltigkeit bekommt. Die Anatomie der Vegetationsorgane tritt demgegenüber ein wenig zurück.

Die Systematik der Rotalgen ist trotz der großen Fortschritte, die seit der ersten Auflage, hauptsächlich durch die Arbeiten der skandinavischen Forscher wie

Kylin, Rosenvinge und Svedelius, in der Kenntnis der Fortpflanzungsverhältnisse erzielt wurden, noch immer sehr schwierig, weil diese nicht immer mit den morphologischen Verhältnissen des Thallus übereinzustimmen scheinen. Immerhin sind doch auch hierin große Fortschritte erzielt, über die sich der dem Forschungsgebiet Fernerstehende aus dem vorliegenden Werk zum ersten Male im Zusammenhang unterrichten kann.

Beim anatomischen Aufbau der Rhodophyceen wird wieder der Zentralfaden und der Springbrunnetypus unterschieden, obwohl in der Mehrzahl der Untergruppen beide Typen vorkommen und die Jugendstadien durch leichte Abänderungen der „Entwicklung“ sich bald in der einen, bald in der anderen Richtung weiterentwickeln können, so daß also diese Unterscheidung keine systematische Bedeutung hat. So kommt es, daß die Gruppierung nach dem Aufbau der vegetativen Organe, die beinahe hundert Seiten umfaßt, doch wieder auf die systematische Einteilung nach den Fortpflanzungsorganen Rücksicht nehmen muß, ohne ihr ganz zu entsprechen. Der Ausdruck „Antheridium“ wird mit Recht jetzt auf die Spermatangienzellen angewendet, so daß das, was man früher so unglücklich jezt Antheridienstand heißt.

Nach dem Verhalten der sporogenen Fäden werden mit Schmitz fünf Reihen unterschieden. Man hat den Eindruck, daß dadurch eine wirklich natürliche Systematik zustande kommt, wenn auch eine bestimmte Stufenfolge nicht ersichtlich ist, was ja aber in anderen systematischen Gruppen auch nicht erzielt ist. Als nächste Verwandte der Rhodophyceen kommen neben den Coleochaeten Ascomyceten und Laubmoosen in Frage.

E. G. Pringsheim, Prag.

Botanische Mitteilungen.

Die rheinischen Hieracien. Im vorhergehenden Jahrgang dieser Zeitschrift wurde über die Bearbeitung der rheinischen Hieracien durch K. Tautou berichtet. Der ersten Mitteilung ist in Jahrgang 1921 eine zweite gefolgt, die sich ebenfalls noch auf das Subgenus der Piloselloiden bezieht (Jahrg. d. Nassauisch. Ver. für Naturk., Jahrg. 74). Wie stark der persönliche Anteil Tautous auf dem vorliegenden Forschungsgebiete ist, das ist daraus zu sehen, daß wiederum eine Reihe von neuen Arten, Unterarten und Varietäten beschrieben werden, die den Autorennamen des Verfassers tragen. Auch diesmal wieder hat Tautou in engem Kontakt mit dem badischen Hieracienspezialisten Zahn gearbeitet. Das ist besonders deshalb zu begrüßen, weil Hieracium zu jenen Gattungen zählt, deren Arten bei weiterer Analyse in ein Heer von Unterarten zerfallen. Somit besteht hier eine besondere Gefahr, daß bei selbständigem Vorgehen der einzelnen Floristen Doppelbenennungen Platz greifen, die einen fast unlösbaren Wirrwar in der Nomenklatur schaffen. Eine wichtige Aufgabe für die Zukunft ist es, durch Vererbungsversuche festzustellen, inwieweit die neu beschriebenen Formen konstant sind, inwieweit sie also tatsächlich Art- und Varietätencharakter besitzen.

Über Beziehungen zwischen Eisenbakterien und Algen. In der Algenliteratur finden verschiedentlich die sogen. „Psychohormiumbildungen“ Erwähnung; das sind Gallertknöllchen, die mit Eisenoxydulhydrat inkrustiert sind und an den Fäden von Grünalgen, aus deren Ausscheidungsprodukte sie angesehen wurden, anhaften. Nach neueren Untersuchungen von Cho-

lodnyi (Ber. d. D. bot. Ges. 40, 1922) aber verdanken sie ihre Entstehung der Tätigkeit eines Eisenbakteriums, *Sideromonas Confervarum*, das auf den Algenfäden lebt. Aus der Tatsache, daß immer nur eine bestimmte Algenart, *Conferva*, befallen wird und in den an das Gallertknöllchen angrenzenden Zellen der Alge eigenartige Veränderungen (Hypertrophie des Chlorophyllapparates, reichliche Stapelung von Reservestoffen) Platz greifen, leitet *Cholodnyi* den Schluß ab, daß es sich wohl um eine Symbiose handelt, bei der es das Bakterium auf den zur Oxydation des Eisens erforderlichen, bei der Assimilation der Grünalgen freierwerdenden Sauerstoff absieht, während die Alge möglicherweise organische Substanz geliefert bekommt. Verschiedene andere Schwefelbakterien zeigen ebenfalls eine ausgesprochene Tendenz, mit Grünalgen zusammenzuleben; so legt sich *Leptothrix ochracea* in engen Spiralen um Fäden von *Oedogonium* („schlingende Eisenbakterien“). Auch hier dürfte die Sauerstoffversorgung die treibende Ursache sein.

Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauerampfer (*Rumex Acetosa*). In einer kurzen Mitteilung (Biol. Centralbl. 42, 1923) berichtet *Correns* über Experimente mit Sauerampfer, die zum Ergebnis hatten, daß hier die Geschlechtsbestimmung genau in derselben Weise erfolgt wie bei der Lichtnelke. Es ist nur eine Sorte von Eizellen vorhanden, dagegen werden zwei Arten von Pollenkörnern gebildet, männchenbestimmende und weibchenbestimmende. Nach dem einfachen Mendelschema nun müßten Männchen und Weibchen in gleicher Anzahl auftreten; tatsächlich aber ist, auch hier wie bei der Lichtnelke stets ein beträchtlicher Überschuß an Weibchen vorhanden (ca. 70 %, für *Rumex thyrsiflorus* werden sogar bis über 90 % angegeben!). Das beruht nun offenbar darauf, daß die weibchenbestimmenden Pollenkörner den männchenbestimmenden in der Konkurrenz überlegen sind: Parallelserien mit Befruchtung durch viel und wenig Pollen führen stets eindeutig zu dem Ergebnis, daß im letzten Fall die Männchenziffer ganz erheblich (bis ums Vierfache!) größer ist; hier können nämlich fast alle Pollenkörner zur Befruchtung gelangen, und damit ist die Konkurrenz ausgeschlossen. Aber auch unter diesen optimalen Verhältnissen wird die normale Sexualrelation 50 : 50 % nicht erreicht. Dabei wirkt — abgesehen von Schwierigkeiten in der Versuchstechnik — anscheinend mit, daß die Sterblichkeit im männlichen Geschlecht merklich höher ist als im weiblichen.

Pollenanalytische Untersuchungen böhmischer Moore. Auf Grund der von *L. von Post* in die Paläobotanik eingeführten pollenanalytischen Methode suchen *K. Rudolph* und *F. Firbas* (Ber. d. D. Bot. Ges. 40, 1922) den Wechsel der böhmischen Waldvegetation in der Postglazialzeit festzustellen. In zahlreichen Mooren wurden Torfproben in Abständen von 10–25 cm aus den Vertikalprofilen entnommen, und in jedem einzelnen Horizonte durch statistische Zählung das Prozentverhältnis der Pollenkörner der verschiedenen Waldbäume bestimmt. So ergab z. B. das Moor in der Grünwalder Heide (Erzgebirge, 810 m) folgende Verhältnisse: a) Probe basal: Pollen von Kiefer (86 %) und Birke; es fehlen Erle, Hasel, Fichte, Tanne, Buche und die Komponenten des Eichenmischwalds

(Eiche, Linde und Ulme); b) in 80 cm von unten (Schilftorf): es treten hinzu Erle, Hasel, Fichte und Pollen des Eichenmischwalds; die Hasel herrscht vor (82 %); c) in 140 cm (Scheuchzeriatorf): Hasel sinkt auf 15 %; an ihre Stelle tritt die Fichte; die Buche erscheint spärlich; d) in 300 cm (Sphagnumtorf): Fichte tritt zurück, Buche und Tanne mit zusammen 80 % führen die Vorherrschaft. Darnach kann man folgende Entwicklungsetappen aufstellen: Kiefer-Birken-Zeit, Haselzeit, Fichtenzeit und Buchen-Tannen-Zeit. In der Verarmung der Waldflora während der Kiefer-Birken-Zeit klingt noch der Einfluß des eiszeitlichen Klimas nach; dagegen muß das Klima in der Haselzeit wärmer (oder kontinentaler) gewesen sein als gegenwärtig, denn heute fehlt sowohl die Hasel als auch der Schilf, in den der Haselpollen eingebettet ist, in entsprechenden Höhenlagen. Diese Schlüsse finden darin ihre Berechtigung, daß in allen untersuchten Mooren derselbe Rhythmus mit kleinen Abwandlungen erscheint. Daß gegenwärtig der Buchen-Tannen-Mischwald wieder im Rückgang begriffen ist, beruht wohl in erster Linie auf forstlichen Eingriffen; doch deutet die Tatsache, daß in dem Moor von Gottesgab (1000 m!) die Tannen-Buchen-Zone sehr deutlich vertreten ist, während die Buche heute dort nur bis 800 m emporsteigt, darauf hin, daß auch hier vielleicht klimatische Einflüsse mitwirken. Der Temperaturabfall würde also von der Haselzeit bis in die Gegenwart hereinreichen.

Über den Einfluß von Radiumbestrahlung auf Antirrhinum. In einer vorläufigen Mitteilung (Zeitschr. f. indukt. Abst. 29, 1922) berichtet *Emmy Stein* über eigenartige Formänderungen, die durch Radiumbestrahlung beim Löwenmaul (*Antirrhinum*) hervorgerufen werden konnten. Die Betrachtung erstreckte sich zum Teil auf den Vegetationspunkt, zum Teil auf die Samen. Der Erfolg ist naturgemäß von der Dauer der Bestrahlung abhängig. Bei einer Einwirkung von 5–10 Minuten wächst der Vegetationspunkt ungestört weiter; bei 20–160 Minuten tritt eine vorübergehende Hemmung mit nachfolgendem kräftigen Wachstum ein; die geschlossene Blütenstandsbildung unterbleibt und vielfach treten an die Stelle von Blüten Blätter. Bei Bestrahlung von mehr als 5 Stunden tritt endgültiger Wachstumsstillstand ein; es entwickelt sich eine Abschußrosette am Ende des Triebes; nachträglich können Seitensprosse hervorbrennen, die es im nächsten Jahr zu normaler Blütenbildung bringen. In manchen Fällen war auch die Blattform geändert. Die Umgestaltungen, die durch Bestrahlung der Samen bei den heranwachsenden Pflanzen hervorgerufen werden können, sind sehr mannigfaltiger Natur. *E. Stein* erwähnt folgende Fälle: schmalblättrige Typen, „Hörnchenpflanzen“, bei denen die Blattrippe hornartig aus der Blattspitze hervortritt, farb- und formdefekte Pflanzen mit zerschlitzten und verwachsenen Blüten und geschrumpften fleckigen Blättern, Zwergformen und endlich chimärenartige Individuen, die nach bestimmter Zeit absterben. Diese Abwandlungen waren in den meisten Fällen mit weitgehender Sterilität verknüpft, doch gelang es vereinzelt Nachkommen zu erhalten, die eine Rückkehr zur Stammsippe zeigten. Eine dauernde erbliche Beeinflussung (induzierte Mutation) scheint sonach nach den bisherigen Ergebnissen nicht vorzuliegen.

Stark.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY
RECEIVED
MAY 19 1923

Heft 17. (Seite 309—324.)

27. April 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Enzymatische Regulation der Spaltöffnungs-
bewegung. Von *Friedl Weber*, Graz. (Mit 1 Ab-
bildung.) S. 309.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie
an der Beobachtung. S. 316.

Aufgaben und Tätigkeit des Telegraphentechni-
schen Reichsamts. Von *F. Trautwein*, Berlin.
S. 316.

Physikalische Mitteilungen. S. 321.

Das Spektrum des Heliums im extremen Ultra-
violett. (Mit 1 Abbildung.)

Astronomische Mitteilungen. S. 323.

Die Spektren der schwächeren Komponenten von
Doppelsternsystemen. (Mit 1 Abbildung.)

Berichtigung. S. 324.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere

Herausgegeben von

F. Czapek†, M. Gildemeister, E. Godlewski jun., C. Neuberg, J. Parnas.

Redigiert von **J. Parnas.**

Erster Band: **Die Wasserstoffionen-Konzentration.** Ihre Bedeutung für die
Biologie und die Methoden ihrer Messung. Von Dr. **Leonor Michaelis**, a. o. Professor an der
Universität Berlin. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. In 3 Teilen. Erster Teil: **Die
theoretischen Grundlagen.** Mit 32 Textabbildungen. (XII, 262 S.) 1922.
G. Z. 8.8, geb. G. Z. 11

Zweiter Band: **Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine
Physiologie.** Von **Hans Winterstein**, Professor der Physiol. und Direktor des
Physiol. Instituts der Universität Rostock i. M. Mit 7 Textabbildungen. (IX, 319 S.) 1919.
G. Z. 10

Dritter Band: **Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die
Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen
Stoffwechsels.** Von Dr. **M. Guggenheim.** (VIII, 376 S.) 1920. G. Z. 12

Die Grundzahlen (G.Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor
(Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle
Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für Mai 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 2020 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Hermann Meusser

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57 9, Potsdamer Straße 75

hält die gesamt naturwissenschaftliche Literatur auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preiswert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht. Angebote unter
Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

Der Mai-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 4800.— zuzüglich M. 240.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, M. 6.— Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise für das II. Vierteljahr 1923 sind dieselben wie die für das I. Vierteljahr 1923.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Pflanzenalkaloide. Von Dr. **Richard Wolfenstein**, a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. (VIII, 506 S.) 1922. Gebunden G. Z. 18

Beispiele z. mikroskopischen Untersuchung v. Pflanzenkrankheiten. Von Geh. Reg.-Rat Dr. **Otto Appel**, Direktor der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Hon. Professor an der landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 63 Textabbildungen. (IV, 54 S.) 1922. G. Z. 1,8

Die Reizbewegungen der Pflanzen. Von Dr. **Ernst G. Pringsheim**, Privatdozent an der Universität Halle. Mit 96 Abbildungen. (VIII, 326 S.) 1912. G. Z. 12

Die Variabilität niederer Organismen. Eine deszendenztheoretische Studie. Von Dr. **Hans Pringsheim**. (VIII, 216 S.) 1910. G. Z. 7

Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier. Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden**, Direktor des Physiologischen Institutes der Universität Halle a. S. (XI, 128 S.) 1912. G. Z. 3,6

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Enzymatische Regulation der Spaltöffnungsbewegung.

Von Friedl Weber, Graz.

Die Pflanze gestaltet ihre grünen Blätter meist nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung. Die Laubblätter sind flächenförmig ausgebreitet und so in gesetzmäßiger Weise angeordnet, gestellt, daß Licht und Luft jedes einzelne ungehindert und ungeschmälert treffen kann; mit dem Licht strahlt ja der Pflanze die Energie zu, deren sie bedarf, um die Nahrung der Luft sich anzueignen; daher breitet sie die Blätter aus, um Kraft und Stoff nach Möglichkeit zu empfangen. Doch wie feuchte Wäsche rasch trocknet, wenn jedes Stück isoliert frei und flach ausgebreitet ist, so müßte auch jedes Blatt bald vertrocknen und die gesamte Pflanze unersetzbare Mengen Wassers verdunsten, wäre nicht im Bau der Blätter eine Einrichtung getroffen, welche die Wasserabgabe auf ein lebensverträgliches Maß herabzudrücken vermag: die Blätter sind beiderseits an ihrer Oberfläche mit einem zwar zarten, aber für Wasser äußerst undurchlässigen fettartigen Grenzhäutchen, der Cuticula, überzogen, die wie eine dünne über Wasser ausgebreitete Ölschicht die Verdunstung hemmt. Wie sehr wirksam der Transpirationsschutz der Cuticula ist, mag aus der Angabe ersehen werden, daß ein geschälter Apfel, von dem die Cuticula mit der peripheren Schicht entfernt ist, 55mal soviel Wasser verliert wie ein ungeschälter.

Die für Wasser fast ganz undurchlässige Cuticula bietet aber andererseits auch dem Eindringen des Kohlendioxyds der Luft ein unerwünschtes Hindernis dar. Der eine Rohstoff, aus dem in den Trägern des grünen Farbstoffes, den Chloroplasten oder Plastiden, in unnachahmbarer Weise zusammen mit dem Wasser organische Substanz (Zucker, Stärke) synthetisch hergestellt wird, kann durch die Cuticula nicht in genügender Menge in das Innere des Blattes hinein. Es müssen also für CO_2 Eingangsöffnungen vorhanden sein. Und tatsächlich erweist sich im mikroskopischen Bilde die Cuticula durch zahlreiche kleinste Löcher durchbohrt; das sind die Spaltöffnungen oder Stomata.

Man könnte nun meinen: Bei der winzigen Kleinheit dieser Spalten (ihre maximale Breite beträgt etwa 8 Mikromillimeter) würden sie doch keine Erleichterung des Gasaustausches bedeuten. Aber erstens ist die Zahl der Stomata eines Blattes riesig groß (für ein Sonnenrosenblatt hat man sie auf 13 Millionen berechnet) und zweitens geht

die Gasdiffusion durch so kleine Löcher mit bedeutend erhöhter Geschwindigkeit vor sich, so daß die Gesamtdiffusion durch eine derartig durchlöchernte Membran fast ebenso stattfindet, als ob überhaupt keine hindernde Haut vorhanden wäre. Dann könnte aber — wäre einzuwenden — die Pflanze gänzlich auf die Cuticula verzichten. Ja, wenn die Öffnungsweite der Stomata dauernd unveränderlich bleiben müßte; das ist aber nicht der Fall: Die Spaltöffnungen können geschlossen und geöffnet, die Spaltweite kann reguliert werden und wird auch stets reguliert, wie man annehmen darf, ganz nach dem Bedürfnisse der Pflanze.

Dabei wird aber — wenn wir uns anthropomorph ausdrücken dürfen — die Pflanze oft vor schwere Entscheidung gestellt. Werden die Spalten geschlossen, dann ist dadurch zwar die Gefahr des Vertrocknens beseitigt, zugleich aber das Blatt in seiner ihm eigensten Tätigkeit als Organ der CO_2 -Assimilation gehemmt; so muß die Pflanze wählen zwischen Hunger und Durst. Und wir verstehen, wie fein, exakt und wechselnd arbeitend die Regulierung des Spaltöffnungsapparates vor sich gehen muß, damit die Arbeit des Blattes, dieses lebenswichtigsten Organs, gesichert bleibe für das Gesamtgedeihen des Ganzen trotz steter Gefahr. Wie diese Selbststeuerung erfolgt, soll nun erörtert werden.

Zunächst hat die Wissenschaft die *Mechanik* der Spaltöffnungsbewegung geklärt. Jede Spalte wird — wie bekannt¹⁾ — nicht von gewöhnlichen Oberhautzellen begrenzt, sondern von zwei eigenartig gebauten schlauchförmigen „Schließzellen“; diese sind nur an den Enden miteinander verwachsen, in der Mitte aber nicht, so daß hier zwischen ihnen ein Hohlraum besteht, der in Form und Weite nicht stationär ist, sondern verändert werden kann: krümmen sich die beiden Schließzellen bogig, dann wird der Raum zwischen ihnen verbreitert, die Spalte geöffnet; strecken sie sich gerade, verengert, geschlossen.

Zwei Punkte waren bei diesem Mechanismus des Spaltöffnungsapparates der Aufklärung bedürftig: 1. Welches ist die Kraft, durch die die Schließzellen zur Krümmung veranlaßt werden und wo hat diese Kraft ihren Sitz? und 2. Wie kommt es, daß die Krümmung der Schließzellen gerade immer so erfolgt, daß daraus eine Veränderung der Spaltenweite resultiert? Die Grundlage zur Klärung der ersten Frage haben Beob-

¹⁾ Vgl. die Figur auf Seite 312.

achtungen *H. von Mohls* geboten: In Wasser öffnet sich die Spalte, in wasserentziehenden Lösungen (von Zucker oder Glycerin) wird sie geschlossen. Daraus war zu entnehmen: Durch Wasseraufnahme gesteigerter Innendruck, „Turgor“ der Zellen, verursacht Öffnungsbewegung, durch Wasserverlust herabgesetzte Turgeszenz Verschuß. Daß aber dieser Wechsel im zentrifugal gerichteten Innendruck der Schließzellen in bestimmter Weise zum Öffnen und Schließen der Spalte führt, das beruht — wie vor allem *Schwendener* gezeigt hat — auf dem charakteristischen Bau der Schließzellen, auf ihrer ungleichseitigen Membranverdickung.

Dies sind nunmehr schon lange bekannte Tatsachen. Doch die restlose Klärung der Spaltöffnungsbewegungen ist damit nicht bereits erreicht. Wie findet im Innern der Schließzellen die Regelung des osmotischen Wertes statt, die Zu- und Abnahme der osmotischen Kraft, die zur Krümmung und Geradstreckung der Schließzellen führt? Es muß in den Schließzellen jedenfalls leicht zur Bildung und Anhäufung osmotisch wirksamer Substanzen kommen; man findet sich in diesen durch so viele Eigentümlichkeiten ausgestatteten Zellen stets reichlich Chloroplasten im Gegensatz zu den übrigen Oberhautzellen, die keine oder doch nur kleine Farbstoffträger führen. „Es liegt nun nahe, den Chlorophyllapparat der Schließzellen mit der Erzeugung von . . . Stärke in Bezug zu bringen und diese als einen Reservestoff aufzufassen, der allmählich nach Bedarf in jene osmotisch wirksame Substanz (wahrscheinlich Zucker) umgewandelt wird“ (*Haberlandt*). Dies ist eine durch neueste Arbeiten vollkommen bestätigte Annahme, und doch hat sich zunächst eine irrige Lehrmeinung über direkte Bewirkung der Spaltöffnungsbewegung Geltung verschafft. Die Chloroplasten der Zellen des typischen Assimilationsgewebes des Blattinneren verhalten sich im allgemeinen so, daß sie im Lichte am Tage organische Substanz synthetisieren und in Form von sog. autochthoner Stärke als kleine Körnchen einlagern, im Dunkeln, in der Nacht aber diese Stärke unter Mitwirkung diastatischer Enzyme abbauen, so daß die Körner aus dem Chloroplastenleibe wieder verschwinden. Liegen nun auch in den Schließzellen die Verhältnisse so und stimmen damit die Veränderungen des Öffnungszustandes der Stomata überein? Man hat sich bis in die letzte Zeit nicht klare Rechenschaft darüber gegeben. Die geläufige Lehrauffassung, die photosynthetische Theorie der Spaltöffnungsbewegung war die: im Lichte — worin sich im allgemeinen die Spalten öffnen und offen bleiben — wird durch den Prozeß der CO_2 -Assimilation in den Schließzellen selbst organische osmotisch wirksame Substanz gebildet und dadurch eben die Öffnungsbewegung ermöglicht; im Dunkeln aber — worin sich die Spalten meist schließen und geschlossen bleiben — wandert die osmotisch wirksame Sub-

stanz (der Zucker) aus, neue kann nicht gebildet werden und bei abnehmender Turgeszenz muß der Verschuß erfolgen.

Daß die Verhältnisse nicht immer so einfach liegen und daß überhaupt die Chloroplasten der Schließzellen kein ganz typisches Verhalten zeigen, haben zunächst die Untersuchungen des amerikanischen Botanikers *Lloyd* (1908) über den Stoffwechsel der Schließzellen ergeben: Die Bildung der Stärke in den Plastiden der Schließzellen geht (auch) im Dunkeln vor sich, ja selbst in Abwesenheit von CO_2 ; in den Chloroplasten des gewöhnlichen Assimilationsgewebes dagegen wird Stärke unter natürlichen Verhältnissen nur angehäuft im Licht bei Gegenwart von CO_2 . Bei dauernder Dunkelheit kann eine Öffnungsbewegung sich einstellen, ja sogar wiederholtes Öffnen und Schließen erfolgen. Aus diesen und anderen Beobachtungen geht hervor, daß die Spaltöffnungsbewegung weitgehend unabhängig ist von der CO_2 -Assimilation, daß zumindest keine unmittelbare Beziehung besteht. Das Verschwinden der Stärke in den Stomata am frühen Morgen und ihr wiederholt beobachtetes Erhaltenbleiben in der Dunkelheit nötigt zu der Annahme eines ganz anderen Mechanismus der enzymatischen Prozesse in den Schließzellen als dem gewöhnlichen in den Zellen typischen Assimilationsgewebes. *Lloyd* erkennt in klarer Weise: „The question concerns the intimate physiology of the stoma.“ Der Unterschied liegt in der *Unwirksamkeit des abbauenden Enzymes während der Nacht und seiner beträchtlichen Aktivität in den frühen Morgenstunden* im scharfen Gegensatz zu dem gerade entgegengesetzten Verhalten der Diastase im Assimilationsgewebe des Blattes.

Diese bedeutsamen Feststellungen *Lloyds* haben bedauerlicherweise lange nicht die entsprechende Beachtung gefunden. Erst Untersuchungen des russischen Forschers *Iljin* 1915 wendeten wieder das aktuelle Interesse unserem Probleme zu. Wir haben gehört: Öffnen und Schließen der Stomata steht in engem Zusammenhange mit dem Innendrucke der Schließzellen. Es war daher von Wichtigkeit, den osmotischen Wert des Schließzelleninhaltes zu ermitteln. *Iljin* hat dies mittels der Plasmolysemethode durchgeführt, zunächst bei weit geöffneten Spalten. Die Versuchsergebnisse weisen auf einen außerordentlich hohen osmotischen Druck in den Spaltöffnungen und auf eine große Differenz zwischen demselben und dem Drucke in den übrigen Geweben des Blattes hin . . . Als mittleren Wert für die Spaltöffnungen kann man 90–100 Atmosphären annehmen, für die übrigen Gewebe 20 at.“ Theoretische Überlegungen hatten weiter *Iljin* zu der Ansicht gebracht, der am Tage bei einsetzender stärkerer Transpiration sich einstellende Spaltenverschuß müsse auf einer Herabsetzung des osmotischen Wertes infolge Verminderung der im Zellsaft gelösten Stoffe be-

ruhen²⁾. Um den Beweis dafür zu erbringen, mußte der osmotische Wert der Schließzellen auch bei geschlossener Spalte ermittelt werden. Tatsächlich ergaben z. B. für *Iris pumila* die Messungen nach Eintritt des Spaltenverschlusses (gegenüber 90—98 at im geöffneten Zustande) nur mehr 13 at. Nach Verschuß sinkt der osmotische Wert der Schließzellen auf das gewöhnliche Maß der übrigen Blattzellen herab.

Es sei gleich hier erwähnt: Neueste Untersuchungen von Steinberger (1922) haben die von Iljin an Steppenpflanzen gemachten Beobachtungen, daß mit dem Öffnen und Schließen der Spalten gewaltige Veränderungen des osmotischen Wertes der Schließzellen einhergehen, für verschiedene Gewächshaus- und Gartenpflanzen vollkommen bestätigt, und ganz entsprechende Erfahrungen hat 1921 auch Wiggans gesammelt.

Folgen wir aber nun weiterhin den Gedankenfolgen Iljins (1915). Er stellt sich klar die Frage: „Welche physiologischen Prozesse in den Schließzellen sind es denn, die eine Veränderung des osmotischen Druckes hervorrufen? Unwillkürlich drängt sich die Antwort auf, daß es sich hier um die Wirkung der diastatischen Enzyme handelt, welche . . . Stärke in Zucker verwandeln und vice versa, mit anderen Worten, daß die Regulierung der Spaltöffnungen einen enzymatischen Prozeß vorstellt.“ Iljin konnte sich dabei bereits auf die genannte grundlegende Arbeit von Lloyd stützen, der gleichzeitig bei fortschreitender Öffnungsbewegung eine ebenfalls fortschreitende Abnahme des Stärkegehaltes der Schließzellenplastiden beobachtet hatte³⁾. Iljin verfolgte daher die Frage des Zusammenhanges zwischen Stärkegehalt und Öffnungszustand weiter. Er findet stets: *Geschlossene Spaltöffnungen sind mit Stärke überfüllt, weit geöffnete Spaltöffnungen aber ohne bemerkbaren Stärkegehalt.* Dieser Wechsel im Stärkegehalt kann rasch vor sich gehen; Iljin legte z. B. Exemplare von *Origanum vulgare* mit weit geöffneten Spalten und ohne Stärke in den Schließzellen zum Trocknen aus; es erfolgte rasches Welken, die Spalten begannen sich zu schließen und schon nach ½ Stunde kam die Stärke in relativ großer Menge zum Vorschein.

Damit war ein tieferer Einblick in den Vorgang der Spaltöffnungsregulierung ermöglicht: *Das Wesentliche an diesem Regulationsprozeß ist die Enzymtätigkeit in den Schließzellen.* Die Enzyme verwandeln die Stärke, eine unlösliche und daher osmotisch unwirksame Substanz, in eine

andere (wahrscheinlich Zucker⁴⁾) und umgekehrt. „Als Folge dieser Tätigkeit tritt die Veränderung der osmotischen Eigenschaften des Zellsaftes und der Kraft des Turgors ein; der letztere beeinflusst seinerseits den Zustand der Spaltöffnungen.“ (Vgl. auch die zusammenfassende Darstellung von Linsbauer 1918.) Damit war die Richtung vorgezeichnet, in der erneute Forschung einzusetzen hatte. Es mußte der Einfluß verschiedener Faktoren, vor allem der Außenfaktoren — über die allein wir ja im Experiment nach Belieben zu gebieten vermögen — auf die enzymatischen Prozesse in den Schließzellen studiert werden. Schon früher hatte man die Frage diskutiert, ob das ungleiche Verhalten der Stomata im Lichte verschiedener Spektralbezirke durch eine verschiedene Beeinflussung der Diastasewirkung durch diese Lichtstrahlen Erklärung finden könnte⁵⁾. Erneute Bearbeitung dieser Frage in bezug auf das Spaltöffnungsproblem liegt jedoch nicht vor. Noch aussichtsreicher war es, experimentell eine physikochemische Stimulierung der Diastase innerhalb der lebenden Schließzellen zu versuchen. Ungemein reiche Literatur liegt ja bereits vor über Hemmung bzw. Förderung von Enzymwirkungen durch chemische Stoffe, vor allem unter dem Einfluß des Wasserstoffions sowie dem Anion und Kation verschiedener Salze. Doch handelt es sich hier meist um Reagenzglasversuche mit Enzymlösungen außerhalb des Organismus; so wertvoll diese auch sind, so liegen doch die Verhältnisse innerhalb der lebenden Zelle im Vergleich dazu so kompliziert, daß Schlüsse aus den Vorgängen in vitro auf solche in vivo in diesem Falle keineswegs ohne weiteres zulässig sind.

Von Bedeutung für unsere Frage konnten daher nur Experimente sein, die zumindest mit lebenden Pflanzenzellen, womöglich aber mit den Zellen des Spaltöffnungsapparates selbst durchgeführt werden.

Über die chemische Beeinflussung des Stärkeab- und -aufbaues innerhalb der lebenden Pflanzenzelle war bisher nicht gerade viel bekannt. Die Beobachtung von Kratzmann (1914) und früherer Autoren, daß durch Aluminiumsalze in verschiedenen Pflanzenteilen eine „Entstärkung“ erzielt werden kann, war ziemlich vereinzelt geblieben. Kratzmann deutete sie dahin, daß durch die Al-Salze eine Hemmung der kondensierenden und eine Förderung der hydrolysierenden Fermente bewirkt wird und führte als Beweis dafür folgendes an: Stärkefreie Laubblätter bilden im

⁴⁾ Daß tatsächlich dabei Zucker in den Schließzellen auftreten kann, hat Hagen (1916) nachgewiesen.

²⁾ Diese Auffassung stand in scharfem Gegensatz zu der in dieser Frage allgemein geltenden Lehrmeinung; nach ihr sollte der Wasserverlust beim Welken direkt zur entsprechenden Turgorabnahme und damit zum Schließen führen.

³⁾ Gleichzeitig (1908) hatte auch Rosing den Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen offener und geschlossener Spaltöffnungen studiert.

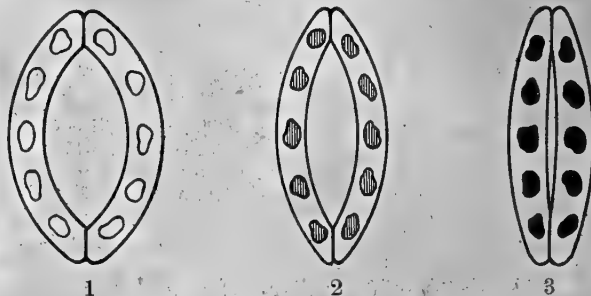
⁵⁾ Literatur bei Lloyd (1908); daß Licht überhaupt den Stärkeabbau innerhalb der Pflanzenzelle beeinflussen kann, geht aus den Versuchen Zollikofers hervor (1918); vgl. auch die Angabe von Seckt (1902, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 20), wonach bei Tradescantien die Spaltöffnungen sich nach länger dauernder Röntgenbestrahlung schließen, was mit der wiederholt vermuteten Wirkung der X-Strahlen auf enzymatische Prozesse im Zusammenhang stehen könnte.

Dunkeln auf Zuckerlösung schwimmend innerhalb weniger Tage reichlich Stärke, sind aber dazu bei Zusatz von 1% Al-Nitrat nicht imstande⁹⁾. 1917 veröffentlichte *Helene Langer* eine kurze Mitteilung über den Einfluß von Metallsalzen auf die Diastase in lebenden Pflanzenzellen und stellte weitere Versuche über die Beeinflussung der Diastase in grünen Blättern durch andere Salzlösungen in Aussicht. *Langers* Versuchsmaterial waren Blätter der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus*. Auf den Stärkegehalt wurde mittels der Sachs'schen Jodprobe das Blatt als ganzes geprüft. Die am Abend stärkereichen Blätter kamen über Nacht in äußerst verdünnte Kupfersulfatlösungen und gleichzeitig ebensolche Blätter als Kontrolle in Cu-freies Leitungswasser. Am Morgen wurden die Blätter auf den Stärkegehalt hin untersucht; die Kontrollblätter waren nunmehr stärkefrei, die CuSO_4 -Blätter dagegen ergaben stark positive Jodreaktion, „was zweifellos auf eine Zerstörung der Diastase durch das Kupfersulfat zurückzuführen ist“.

Der positive bzw. negative Ausfall der Sachs'schen Jodprobe ist bei diesen Versuchen *Langers* durch den Stärkegehalt des Blattmitteltgewebes bedingt; über das Verhalten der Stärke in den Schließzellen war damit ohne spezielle Untersuchung nichts ausgesagt. So mußte es von Interesse sein, ob auch in den Schließzellen die Diastase durch das Kupfersalz beeinflusst wird und infolge davon auch der Öffnungszustand der Stomata. Orientierende Versuche darüber hat *Weber* (1923) insbesondere im Sommer 1920 angestellt mit verschiedenen Freilandpflanzen. Tatsächlich konnte dabei in vielen Fällen (aber nicht immer) an den „Kupferblättern“ ein Verschluß der Spaltöffnungen und reicher Stärkegehalt ihrer Schließzellen konstatiert werden, und zwar unter Bedingungen, bei welchen die Kontrollblätter (nahezu) stärkefrei waren und geöffnete Spalten aufwiesen.

Für die Biologie der Spaltöffnungsbewegung kommt unter natürlichen Bedingungen der Einfluß von Kupfersalzen wohl kaum in Betracht; es war daher von größerem Interesse mit Salzlösungen zu operieren, welche Ionen enthalten, die normalerweise von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen werden. *Weber* hat sich bei seinen Versuchsreihen darauf beschränkt, den Einfluß von Ca- und K- (Na-) Salzen zu studieren. Es wurden Blätter oder auch ganze Sprosse verschiedener Freilandpflanzen wie *Lamium maculatum*, *Ranunculus ficaria*, *Impatiens parviflora* u. a. in 0,1molare Lösungen solcher Salze eingestellt und darin mehrere Stunden bis 2 Tage belassen. Dabei ergab sich folgendes:

1. K- (Na-) Salze fördern die Öffnungsbewegung der Stomata; die Schließzellen weisen in ihnen keinen oder doch nur minimalen Stärkegehalt auf.
2. Ca-Salze hemmen die Öffnungsbewegung; es kommt in ihnen meist zum völligen Verschluß der Stomata, wobei die Schließzellen reichlich Stärke führen.



Impatiens parviflora. Zustand der Spaltöffnung nach 8stündigem Aufenthalt 1. in KCl , 2. in $\text{KCl} + \text{CaCl}_2$, 3. in CaCl_2 $\frac{1}{10}$ molaren Lösungen. Bei 1. enthalten die Schließzellen keine Stärke, bei 2. wenig, bei 3. reichlich; ersichtlich aus der verschieden dunklen Färbung der Plastiden nach Jodzusatze. Original.

Noch vor Drucklegung der bezüglichen Publikation erschienen (November 1922) drei Mitteilungen von *Iljin*, die ebenfalls den Einfluß der Salze auf Ab- und Aufbau der Stärke in den Schließzellen und den Öffnungszustand der Stomata betreffen. *Iljin* hat seine Versuche auf breiter Basis durchgeführt und kommt zu äußerst bemerkenswerten Ergebnissen. Wie sehr das hiermit gelöste Problem zur Bearbeitung drängte, geht am besten daraus hervor, daß anscheinend auch von dritter Seite eine diesbezügliche Publikation in Vorbereitung steht, wie in der eben erst erschienenen Arbeit von *Steinberger* (1922) angekündigt wird. Wir haben uns nunmehr mit den neuen bedeutsamen Arbeiten von *Iljin* zu beschäftigen.

Iljin ging bei seinen Versuchen in folgender Weise vor: Er legte Blätter — bzw. Schnitte daraus — in eine hypertoniische Kochsalzlösung; diese entzieht den Schließzellen zunächst Wasser; es tritt Plasmolyse ein und nach alter Erfahrung schließen sich die Spalten. Dieser Zustand dauert jedoch nicht an, innerhalb einer Stunde geht die Plasmolyse zurück, ja — was gar nicht erwartet werden konnte — die Spaltöffnungen öffnen sich breit.

Die Erklärung für diesen merkwürdigen Vorgang ist in folgendem gegeben: Das Salz dringt in geringer Menge in die Schließzellen ein und stimuliert im Protoplasma den enzymatischen Abbau der Stärke; dadurch wird der osmotische Wert des Zellsaftes erhöht und die Öffnungsbewegung setzt ein. Daß diese Erklärung richtig ist, geht aus Messungen des osmotischen Wertes der Schließzellen vor und nach der Salzbehandlung hervor. Nach 4- bis 8stündigem Verweilen

⁹⁾ Die Frage der Salzwirkung auf Enzyme betreffen auch Beobachtungen von *Sjöberg* (1920) über die Veränderung der Amylasewirkung in lebenden Algen bei Kultivierung in Nährlösungen und die während der Drucklegung dieser Darstellung erschienenen „Beiträge zur Kenntnis der Amylase in grünen Pflanzen“ desselben Autors (Biochem. Ztschr. 1922, Bd. 133).

in der NaCl-Lösung erwies sich der osmotische Wert auf das ca. 3fache gesteigert. Zunächst wurde nun die (Kationen-)Wirkung verschiedener Salze, besonders die des Na und K geprüft und dabei von geschlossenen Spaltöffnungen mit stärkeerfüllten Schließzellen ausgegangen. „Alle Salze unabhängig von den Anionen riefen nicht nur Deplasmolyse, sondern auch Öffnen der Spaltöffnungen sowie Verschwinden der Stärke hervor. Hierauf wurde der Effekt ein- und zweiwertiger Ionen vergleichend untersucht, und zwar wieder auf geschlossene stärkereiche Stomata. Zur Verwendung kamen einwertige Chloride von Na und K und zweiwertige z. B. von Ca. Es ergab sich ein prinzipiell verschiedenes Verhalten. *Unter dem Einfluß der einwertigen Ionen öffneten sich die Stomata weit; am wirksamsten war das Natrium; die Stärke verschwindet hier besonders schnell, die Spalten öffnen sich rasch und maximal. Ganz anders bei den Zwertigen. Die Plasmolyse geht hier nicht zurück, die Spaltöffnungen bleiben geschlossen?*“. Die Versuche wurden in mannigfaltiger Weise variiert und mit verschiedenen Pflanzen, wie *Rumex acetosa*, *Polygonum fagopyrum* u. a., vorgenommen; immer ergab sich, daß sämtliche einwertigen Metalle Auflösung der Stärke unter Bildung osmotisch wirksamer Substanzen hervorrufen und so zum weiten Öffnen der Spalten führen.

Iljin ging dann weiter daran, Verhältnisse zu schaffen, unter welchen die Schließzellen im Gegenteil zur Synthese der Stärke stimuliert werden. Es mußte von völlig stärkefreien Spaltöffnungen ausgegangen werden; in Malzzuckerlösungen geringer Konzentration tritt in solchen im Dunkeln bald Stärkebildung ein, ja die Stärkespeicherung geht in riesigen Mengen vor sich. Den Zuckerlösungen wurden nun verschiedene Salze zugesetzt und durch Variierung ihrer Konzentration für jedes Salz festgestellt, bei welcher Konzentration eine Hemmung der Stärkesynthese eintritt; diese „kritische Konzentration“ beträgt z. B. für Li 0,04, Na 0,07, Ca 0,13 Mol., Li und Na, welche den Stärkeabbau fördern, hemmen den Aufbau schon in äußerst verdünnten Lösungen, Ca dagegen, welches die Hydrolyse nicht fördert, hemmt den Aufbau erst in starken Konzentrationen. Ganz entsprechend war auch wieder der Einfluß auf den Öffnungszustand der Spalte: Bei geöffneten Stomata, die in reiner Maltoselösung liegen, tritt Stärkesynthese ein, die Spalten schließen sich; werden aber der Zuckerlösung gewisse Salze zugesetzt, so unterbleibt mit der Stärkesynthese auch die Schließbewegung; in diesem Sinne wirken u. a. wieder besonders Li und Na.

In seiner zweiten Mitteilung (1922) behandelt *Iljin* die Frage der Anionenwirkung. Zum Stu-

dium derselben eignen sich besonders Magnesiumsalze, weil hier das Kation, das Magnesium, in bezug auf die Stärkeauflösung inaktiv, gewissermaßen neutral ist und deswegen die Wirkung auf den enzymatischen Prozeß ausschließlich den Anionen zugeschrieben werden darf. Es zeigte sich, daß bei Salzen mit anorganischen Anionen diese keinen merklichen Einfluß ausüben, dagegen sehr wohl organische Anionen; als besonders aktiv erwies sich das Anion der Zitronensäure, aber auch das der Essigsäure kann bedeutende Aktivität entwickeln. In bestimmten Fällen „genügen Hundertstel von Mol von Acetat und Tausendstel von Citrat, um die Synthesearbeit plötzlich einzustellen; diese Ionen besitzen auch ein großes Auflösungsvermögen für Stärke.

Iljin diskutiert eingehend die Frage, in welcher Weise die Salze auf den enzymatischen Prozeß wirken; ohne eine definitive Entscheidung geben zu können, kommt er zu der Überzeugung, daß in seinen Versuchen die Wirkung erfolgt durch Überführung des Profermentes in die aktive Form. Es war *Iljin* jedenfalls die grundlegende Untersuchung von *Biedermann* (1921) noch nicht bekannt oder zugänglich. In dieser wird der Nachweis erbracht, daß sowohl tierische als auch pflanzliche *Diastasen* aus zwei Komponenten bestehen, aus einem organischen an sich völlig unwirksamen Proferment und einem aktivierenden Koferment, „als welches die Ionen verschiedener Salze fungieren können“. *Biedermann* findet in vitro hauptsächlich die Anionen wirksam, aber auch die Kationen nicht ohne Einfluß; hinsichtlich ihrer aktivierenden, den Abbau der Stärke beschleunigenden Kraft steht vor allem NaCl an der Spitze der Reihe wirksamer Neutralsalze und fast gleichwertig ist das KCl, wesentlich unwirksamer aber das CaCl₂. Ein eingehender Vergleich der Ergebnisse von *Iljin* mit denen von *Biedermann* muß hier — so interessant er auch wäre — unterbleiben.

Für Physiologie und Biologie der Spaltöffnungsbewegung, aber auch für Ökologie und Pflanzengeographie ist die nunmehr feststehende Tatsache, daß Salzionen durch Steigerung des Stärkeabbaues bzw. Verzögerung des Syntheseprozesses zum Offenhalten der Stomata veranlassen können, von großer Bedeutung. Zunächst erscheint es klar, wie den Pflanzen daraus eine Gefahr entstehen kann, von der wir bisher keine Ahnung hatten. Nimmt das Wurzelsystem aus dem Boden Salze in größerer Menge auf, die eine Öffnungsbewegung der Stomata erzwingen und die Spalten dauernd in geöffnetem Zustande erhalten, dann muß dadurch die Transpiration im Übermaß gesteigert werden, die Pflanze steht in Gefahr, zu viel Wasser zu verlieren, zu vertrocknen⁸⁾. Es drängt sich die Frage auf, ob die

7) Doch müssen auch diese Ionen eindringen, denn auch in diesen Lösungen wird die Stärke „gelöst“, aber das Endprodukt des Zerfalles erweist sich weder als Zucker noch irgendeine andere osmotisch aktive Substanz.

8) Die Wirkung von Salzen und Salzgemengen auf die Transpiration der Pflanzen bedarf von diesem Gesichtspunkte aus dringend neuer kritischer Bearbeitung. Literatur bei *Burgerstein* 1920.

Pflanze in der Lage ist, sich gegen diese gefährliche Wirkung bestimmter Salze zu schützen; in seiner dritten Mitteilung behandelt Iljin dieses Problem.

Es war zunächst zu untersuchen, ob Pflanzen, die auf Böden verschiedenen Salzgehaltes wachsen, sich gegenüber den spaltenöffnenden Ionen gleich verhalten. Eine besondere Unempfindlichkeit gegenüber NaCl ist bei Halophyten, den Bewohnern salzreicher Standorte, zu erwarten. Zur Untersuchung kamen verschiedene Arten von den in der Nähe von Jekaterinoslaw am Dnjepr gelegenen Salzböden. Wurden Epidermisschnitte solcher Pflanzen mit geschlossenen stärkereichen Stomata in NaCl-Lösungen bis zu 0,3 molarer Konzentration eingelegt, so trat weder Auflösung der Stärke noch Öffnen der Spalten ein, ein Beweis, daß die Diastase dieser Pflanzen von relativ großer Unempfindlichkeit gegenüber der aktivierenden Wirkung des Na-Ions ist.

Weiterhin zog dann Iljin Pflanzenarten in den Kreis seiner Untersuchungen, die auf den verschiedensten Standorten und Böden wachsen, auf Wiesen, Steppen, Sümpfen, Abhängen, Kulturböden. Das Ergebnis war, „daß in bezug auf die Salze die Pflanzen sich erstens durch die Reaktionsgeschwindigkeit und zweitens durch die Empfindlichkeit voneinander unterscheiden: die einen reagieren bei äußerst geringem Salzgehalt, andere benötigen bereits eine bedeutende Ionenkonzentration; es gibt endlich Arten, bei denen überhaupt weder Spaltenöffnen noch Stärkeverschwinden stattfindet“. Worauf beruht diese Verschiedenheit in der Salzempfindlichkeit des enzymatischen Apparates bei den verschiedenen Pflanzen? Läßt sich diese Empfindlichkeit vielleicht künstlich steigern oder herabdrücken?

In der fesselnden Reihe seiner Versuche wendet sich Iljin der Bearbeitung auch dieser schwierigen Frage zu, und selbst diese zu lösen, ist ihm glänzend gelungen. Er wurde auf den richtigen Weg geleitet durch die Beobachtung, daß Pflanzen mit stark saurem Zellsaft wie *Rumex acetosa*, der Sauerampfer, besonders prompt auf NaCl reagieren. Seine Arbeitshypothese war nunmehr: der Stärkeabbau, die Turgorerhöhung, das Öffnen der Stomata unter dem Einfluß des NaCl erfolgt nur in saurer Lösung, also bei Realisierung einer bestimmten Wasserstoffionenkonzentration⁹⁾. Die zur Prüfung dieser Hypothese durchgeführten Versuchsreihen bestätigten die Richtigkeit der Annahme vollkommen: Die geringste Erhöhung des Säuregehaltes — ein Zusatz von 0,0001 Mol HCl zu den Lösungen — bewirkte bei Pflanzen, die sonst keinen Stärkeabbau und kein Öffnen der Stomata in NaCl-Lösung zeigen, sofort Verschwinden der Stärke und Öffnungsbewegung. Andererseits ist es auch möglich, bei Pflanzen, die (mit stark saurem Zellsaft ausgestattet) in NaCl

die Stärke rasch abbauen und die Spalten öffnen, beides zu verhindern oder zu hemmen durch Zusatz von OH-Ionen (NaOH 0,0001 normal) zu den Auflösungen.

Noch ein anderer Weg wurde gefunden, um im Experiment dem Stärkeab- oder -aufbau beeinflussenden Effekt bestimmter Ionen entgegenzuarbeiten, nämlich der Zusatz antagonistisch wirkender Salzionen. Hierbei zeigte sich wieder der bei zahlreichen anderen physiologischen und kolloidchemischen Prozessen beobachtete Antagonismus zwischen K und Na einerseits und Ca andererseits¹⁰⁾. Die in NaCl-Lösungen sistierte Stärkebildung in vorher entstärkten in Zuckerlösung befindlichen Schließzellen kommt auf Zusatz von CaCl₂ bestimmter Konzentration sofort in Gang. Weitere Komplikationen ergeben sich aus der gleichzeitigen Wirkung antagonistisch wirkender Salze bei Realisierung verschiedener Wasserstoffionenkonzentrationen.

Es kann kein Zweifel mehr bestehen darüber, daß anorganische Salze bei der Stomataregulation eine ungemein wichtige, wenn nicht die Hauptrolle spielen. Anorganische Salze werden stets von den Wurzeln aufgenommen; sie durchziehen zunächst auf dem Wege der Leitungsbahnen, dann aber auf dem der Diffusion sämtliche Gewebe der Pflanze; der Eintritt in bestimmte Zellen kann ihnen — vielleicht in autonomer Weise, jedenfalls aber unter dem Eingreifen äußerer Faktoren, wie Licht- und Temperaturschwankungen — durch Veränderung der Permeabilität der Plasmahaut erleichtert oder erschwert werden. Und auch dann, wenn unter ungünstigen Bedingungen ein bestimmtes Salz in gefährlichem Übermaß in die Schließzellen eingedrungen ist¹¹⁾, vermag die Pflanze dieser Gefahr zu begegnen, und zwar durch verschiedene Mittel: Sie kann einerseits den Zutritt antagonistisch wirkender Salzionen zulassen, andererseits aber auch durch Änderung der Wasserstoffionenkonzentration dem exzessiven Einfluß bestimmter Salze einen Hemmschuh entgegenstellen. Wir verstehen — wenigstens im Prinzip —, wie nicht alle Pflanzen den betreffenden Gefahren, welche durch den Salzreichtum bestimmter Standorte gegeben sind, im gleichen Grade gewachsen sind, genügt doch schon ein mehr oder weniger hoher Grad des Säuregehaltes des Zellsaftes, um verschiedene Salzempfindlichkeit zu bedingen. In dieser Hinsicht sind die Ergebnisse neuer Fermentstudien von Biedermann (1921) von Wichtigkeit, welche zeigten, wie die scheinbaren Unterschiede verschiedener Amylasen nur durch die verschiedene Zusammensetzung der Lösungen, in denen sie wirksam sind, vorge-

⁹⁾ Literaturzusammenfassung über Ionenantagonismus in bezug auf physiologische Prozesse, wie er zuerst durch die bahnbrechenden Arbeiten von J. Loeb und Osterhout bekannt wurde, bei Maschhaupt 1916.

¹¹⁾ Was — wie oben angedeutet — durch Veranlassung des Öffnens und Offenbleibens der Spalten die Gefahr übermäßiger Wasserabgabe mit sich bringt.

⁹⁾ Über die Bedeutung der Wasserstoffzahl für die Wirkung der Fermente vgl. L. Michaelis 1914, Die Wasserstoffionenkonzentration, Berlin.

täuscht werden. Nach *Lynst Zwikker* (1921) liegt der Grund für die ungleiche Angreifbarkeit verschiedener Stärkearten durch Diastase in der Verschiedenheit des Kationengehaltes der Stärke. Die Resistenz der einzelnen Stärkeschichten eines Kornes ist eine Funktion der Elektrolyte, welche mit der Stärke in Verbindung treten. Diese Elektrolyte (Kationen) sind bei allen Stärkearten nicht gleich. Kartoffelstärke z. B. enthält in ihren Schichten kein Ca, Weizenstärke dagegen kein K, andere verhalten sich intermediär. Es ist wohl möglich, daß auch diese neu entdeckten Differenzen in der Zusammensetzung der Stärke für das hier erörterte Problem von Bedeutung sind.

Ist auf dem Gebiete der Salzbeeinflussung der enzymatische Charakter der Spaltenregulierung festgestellt, so liegt es nunmehr nahe, auch für andersstoffliche sowie für primär rein physikalisch bedingte Einflüsse nach der Gültigkeit desselben Wirkungsprinzips zu suchen. Hier ist aber die experimentelle Analyse noch nicht weit gediehen. *Stahl* (1920) hat gefunden, wie unter dem Einfluß der „Laboratoriumsluft“ (Leuchtgas) die Stomata verschiedener Pflanzen sich schließen. „Die Jodprobe ergab in Übereinstimmung mit den Befunden *Iljins*, daß die Schließzellen reichlich Stärke führten. Ein Verständnis dieser Erscheinung ohne darauf hin gerichtete Versuche ist um so weniger möglich, als nach Erfahrungen von *Grafe* und *Richter* (1911) Leuchtgas und andere Narkotika bei Pflanzen die Kondensationsprozesse hemmen, die Hydrolysierungsprozesse aber nicht beeinflussen¹²⁾).

Einer weiteren Analyse bedarf auch die zuletzt von *Linsbauer* (1916) studierte Erscheinung, daß Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxyd eine Schließung der Spaltöffnung bedingt und umgekehrt CO₂-Entzug ein Öffnen, daß also „CO₂-Anhäufung in gleicher Weise wie Verdunklung auf die Schließbewegung hinarbeitet, während umgekehrt Belichtung und CO₂-Entzug gleichsinnig eine Öffnung bewirken“¹³⁾. Biologisch erscheint dies wohl verständlich. „Da nämlich bei Lichtentzug, infolge des Ausfalles der Zerlegung des CO₂, aber fortgesetzter Atmung im Blattinnern zunächst eine CO₂-Zunahme eintritt, welche die Stomata mit einer Schließbewegung beantworten, so wird das Entweichen des Kohlendioxyds, das bei geschlossenen Spalten nur noch durch die Cuticula vor sich gehen kann, erschwert, mithin der Verlust an organischer Substanz verringert.“ (*Stahl*, 1920.)

Es ist denkbar, daß die entscheidende Bedeutung, welche dem Licht für das Spiel der Spaltöffnungen zukommt, indirekt durch Veränderung des CO₂-Gehaltes des Blattinnern und damit der

Wasserstoffionenkonzentration des Plastidenmediums der Schließzellen bedingt ist. Die Empfindlichkeit des Spaltöffnungsapparates für Schwankungen der Lichtintensität ist — wie aus den Untersuchungen *Linsbauers* hervorgeht — erstaunlich. „Ein plötzlicher Wechsel in der Beleuchtungsstärke macht sich schon binnen 3—5 Minuten in einer Veränderung der Spaltenweite bemerkbar. Die Regulierung der Spaltweite ist so vollkommen, daß unter sonst gleichen Umständen am natürlichen Standorte einer Pflanze ein bestimmter, der herrschenden Lichtstärke entsprechender Spaltöffnungszustand zu konstatieren ist.“

Wir können uns auf Grund der von *Iljin* ermittelten neuen Tatsachen folgendes vorstellen: Bei veränderter Beleuchtungsintensität und damit zusammenhängender Schwankung der Assimilationstätigkeit — die ja, wie wir wissen, darauf ungemein prompt reagiert — erfährt der Säuregehalt der Schließzelle (vielleicht der Plastiden selbst) eine Veränderung; dies wirkt wiederum auf Intensität und Richtung der enzymatischen Vorgänge ein, bedingt weiterhin dadurch eine Verschiebung des osmotischen Wertes des Schließzellensaftes und auf diese Weise die Regulation der Spaltenweite. Es genügen in dieser Hinsicht jedenfalls minimale Verschiebungen der Wasserstoffzahl. *Iljin* hebt ausdrücklich hervor, „daß die Pflanze eine größere Empfindlichkeit als die üblichen Indikatoren . . . zeigte; der Wasserstoffionengehalt mußte, um eine Farbänderung des Indikators herbeizuführen, im Vergleich mit der Reaktionsempfindlichkeit der Pflanze unverhältnismäßig erhöht werden“. Eine analoge Empfindlichkeit gegenüber dem aktivierenden Effekte zeigte auch das Proferment der Diastase bei den in-vitro-Versuchen *Biedermanns*.

Natürlich ist es nicht ausgeschlossen, daß das Licht auch in anderem Sinne auf den Ablauf der enzymatischen Prozesse innerhalb der Schließzellen einwirkt; entweder ebenfalls in indirekter Weise durch Änderung der Permeabilität der Plasmahaut¹⁴⁾ oder aber in direkter Weise durch photodynamische Wirkung auf den enzymatischen Apparat.

Einen womöglich noch größeren Einfluß als Lichtentzug hat Wasserverlust auf den Öffnungszustand der Stomata; er bewirkt ganz allgemein Schließbewegung — Ausnahmen bieten nur Wasserpflanzen, die sich überhaupt durch Trägheit in der Regulation der Spaltenweite auszeichnen. Schon 1915 hat — wie oben besprochen — *Iljin* gezeigt, daß auch bei Schließbewegung infolge Welkens der Stärkegehalt der Schließzellen zunimmt, und *Steinberger* (1922) konnte die Herabsetzung des osmotischen Wertes in den Stomata bei Wasserentziehung bestätigen. Also auch beim Eintritt der Gefahr des Welkens handelt es sich

¹²⁾ Vgl. auch *W. W. Bonns* 1918.

¹³⁾ Es wäre wohl möglich, daß es sich auch hier um eine Änderung der Wasserstoffzahl im Zellsaft der Schließzellen handelt. Vgl. in dieser Frage *Sueßenguth* 1922.

¹⁴⁾ Was seinerseits wieder zum Ein- bzw. Austritt bestimmter Ionen die Veranlassung geben wird. Vgl. die Diskussion dieser Frage bei *Sueßenguth* 1922.

um enzymatische Regulierung der Öffnungsweite. Wie diese hier ausgelöst wird und zustandekommt, bedarf weiterer Aufklärung. Es ist von großem Interesse, daß sich hierbei wieder die Spaltöffnungen in ganz anderer Weise verhalten als die typischen Assimilationszellen des Blattes; denn *Molisch* hat (1921) beobachtet: Im Assimilationsgewebe abgeschnittener Blätter wird bei starker Transpiration in trockener Luft die Stärke viel rascher abgebaut als bei reichlicher Wasserversorgung in feuchter Atmosphäre. Dieser auffallende Unterschied ist deshalb bemerkenswert, weil daraus deutlich erhellt, wie sehr die Spaltöffnungen eigenartige autonome Apparate sind, die sich in ihrem physiologischen Verhalten und Stoffwechsel (vgl. *Hamorak* 1915) vom übrigen Blattgewebe unterscheiden und hier Einrichtungen getroffen sind, die nur als „im Dienste ihrer Funktion stehende Anpassung“ (*Steinberger*) verständlich werden. Die Ursache dieser Unterschiede kann wohl nur im Sinne der Arbeitsrichtung *Iljins* untersucht werden.

Literatur.

- Biedermann, W.*, 1921, Das Koferment, Komplement der Diastase. Fermentforschung 4.
 — — — Die organische Komponente der Diastasen. Ebenda.
Bonns, W. W., 1918, Etherization of tissues and its effect on Enzyme activity. Annals Missouri Botanical Garden 5.
Burgerstein, A., 1920, Die Transpiration der Pflanzen, II. Teil, Jena.
Grafe und Richter, 1911, Über den Einfluß der Narkotika auf d. chem. Zusammensetzung der Pflanzen. Sitzb. Ak. Wiss. Wien 120.
Hagen, F., 1916, Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates. Beitr. allgem. Botanik 1.
Hamorak, N., 1915, Beitr. z. Mikrochemie des Spaltöffnungsapparates. Sitzb. Ak. Wiss. Wien 124.
Iljin, W. S., 1915, Die Regulierung der Spaltöffnungen. Beitr. Bot. Ztrbl. 32, 1. Abt.
 — — — 1922, Wirkung der Kationen von Salzen auf den Zerfall und die Bildung von Stärke in der Pflanze. Biochem. Ztschr. 132.
 — — — 1922, Synthese u. Hydrolyse von Stärke. Ebenda.
 — — — 1922, Physiologischer Pflanzenschutz. Ebenda.
Kratzmann, E., 1914, Physiolog. Wirkung der Aluminumsalze. Sitzb. Ak. Wiss. Wien 123.
Langer, H., 1917, Einfluß von Metallsalzen auf die Diastase in lebenden Pflanzenzellen. Wiener klinische Wochenschrift 30, Nr. 40.
Lloyd, F. E., 1908, The physiology of stomata. Carnegie Inst. of Washington, Nr. 82.
Linsbauer, K., 1916, Kenntnis der Spaltöffnungsbewegungen. Flora 109.
 — — — 1918, Physiologie der Spaltöffnungen. Die Naturwissenschaften 6.
Maschhaupt, J. G., 1916, Antagonistische werkingen van zouten bij planten. Landwirtsch. Versuchsstat. Groningen.
Molisch, H., 1921, Einfluß der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 39.
Rosing, M., 1908, Der Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen. Ebenda 26.
Sjöberg, K., 1920, Enzymatische Untersuchungen an einigen Grünalgen. Fermentforschung 4.
Stöhl, E., 1920, Physiologie u. Biologie der Exkrete. Flora 113.
Steinberger, A. L., 1922, Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen. Biol. Ctrbl. 42.
Suessenguth, K., 1922, Variationsbewegungen von Blättern, Jena.

- Weber, F.*, 1923, Physiologie der Spaltöffnungsbewegung. Österreich. botan. Zeitschrift. Im Druck.
Wiggans, R. G., 1921, Osmotic concentration of the guard cells. Americ. Journ. Bot. 8.
Zollukofer, C., 1918, Geotrop. Verhalten entärter Keimpflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 36.
Zwikker, L., 1921, L'action des enzymes amylolytiques. Rec. trav. bot. néerl. 18.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung.

Die Naturwissenschaften haben wiederholt über den Plan berichtet, die Sonnenfinsternis vom 23. September 1922 zu Beobachtungen über die Ablenkung zu benutzen, die *Einsteins* Theorie der Schwere für einen nahe der Sonne vorübergehenden Lichtstrahl fordert (tangential zur Sonne 1",74).

Nachstehend folgt der wörtliche Text der dem Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam von dem Astronomischen Zentralbureau in Kopenhagen zugegangenen Nachricht über die bisher vorliegenden Ergebnisse. (Offenbar ist ein Druckfehler unterlaufen, in dem es „five or six“ anstatt „five of six“ heißen muß.) Das Telegramm lautet:

De M. *Shapley* nous avons reçu le télégramme suivant: Campbell telegraphs three pairs Australian Tahiti eclipse plates measured by Campbell Trümpler sixtytwo to eightyfour stars each five of six measurements completely calculated give *Einstein* deflection between 1",59 and 1",86 mean value 1",74. 1923 avril 13. gez. *Elis Strömgren*.

Aufgaben und Tätigkeit des Telegraphentechnischen Reichsamts.

Von F. Trautwein, Berlin.

A. Einrichtungen des Amtes und Allgemeines.

Das Telegraphentechnische Reichsamt ist im Jahre 1920 durch Zusammenfassung einer Reihe von technischen Dienststellen gebildet worden, die bisher dem Reichspostministerium unmittelbar angegliedert waren. Die wichtigsten dieser Dienststellen sind: das Telegraphenversuchsamt, das Telegraphenapparatamt, das Funkbetriebsamt, das Fernsprechlinienbureau sowie die mit den Aufgaben des Linienbaus, der Beschaffung von Apparaten, Stromquellen und Bauzeug betrauten Dienststellen des Reichspostministeriums.

Durch diese Zusammenfassung ist ein erheblicher sachlicher und wirtschaftlicher Nutzen erzielt worden.

Die Leitung liegt in der Hand des Präsidenten, dem 2 Abteilungsdirektoren als ständige Vertreter beigegeben sind.

Das Telegraphentechnische Reichsamt gliedert sich in acht Abteilungen; die Leiter dieser Abteilungen sind die beiden Direktoren und im übrigen Oberposträte. Die Abteilungen sind: I. Verwaltung und Allgemeines, II. Versuche, III. Fernleitungen, IV. Funkwesen, V. Apparatabau, VI. Linienbau, VII. Apparatbeschaffung, VIII. Bauzeugbeschaffung.

Bei der Abt. I werden in der Hauptsache nur innere Verwaltungsangelegenheiten bearbeitet. Die technischen Arbeiten liegen den Abteilungen II—VI ob, und zwar befaßt sich die Abt. II mit

allen Gebieten der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik vom Standpunkte der wissenschaftlichen Forschung aus, während den Abteilungen III bis VI die Ingenieurtätigkeit, d. h. die praktische technische Ausführung für den Betrieb und die Beratung der Oberpostdirektionen in technischen Fragen obliegt. Einfachere technische Angelegenheiten, insbesondere soweit sie eine abgeschlossene technische Entwicklung betreffen, werden bei den Oberpostdirektionen unmittelbar bearbeitet. Es liegt in der Natur dieser Gliederung, daß ein ständiger Übergang von Arbeitsgebieten von der Forschungsabteilung zu den Ingenieurabteilungen und weiter zu den Oberpostdirektionen stattfindet. Die Beschaffungsabteilungen (VII und VIII) endlich haben Arbeiten von hoher wirtschaftlicher Bedeutung zu erledigen, nämlich die Prüfung der Markt- und Preisverhältnisse sowie die Beschaffung sämtlicher für den umfangreichen Betrieb der Reichstelegraphenverwaltung erforderlichen Geräte und Materialien.

Dem Telegraphentechnischen Reichsamt liegt ferner die Übernahme gewisser technischer Aufgaben aus dem Gebiete der Post ob, welche von sachverständigen Beamten mit technischer Vorbildung bearbeitet werden müssen. Hierher gehören z. B. technische und chemische Untersuchungen über Klebstoffe, Bindfaden usw., Bearbeitung beleuchtungstechnischer Fragen und anderes mehr.

Zur Erledigung aller dieser Aufgaben sind bei den Abteilungen Geschäftskreise gebildet, welche mit höheren Beamten (Posträten) besetzt sind und deren sachliche Abgrenzung dem Präsidenten obliegt. Einem Abteilungsdirektor ist ein Forschungslaboratorium unmittelbar unterstellt.

Das Telegraphentechnische Reichsamt hat ferner die Aus- und Fortbildung der Telegraphenbeamten zu leiten und zu überwachen.

Der Personalbestand war Ende März 1922 87 höhere Beamte, 30 wissenschaftliche Hilfsarbeiter, 421 mittlere Beamte, 62 technische Angestellte, 105 weibliche Beamte, 90 untere Beamte, 9 Aushelfer, 225 Werkstattarbeiter, zusammen 1031 Personen.

In einem wöchentlichen wissenschaftlichen Kolloquium wird über eigene und fremde neuere Arbeiten, Forschungen und Fortschritte in der Telegraphen-, Fernsprech- und Hochfrequenztechnik und den damit zusammenhängenden Wissensgebieten berichtet, wobei die Teilnehmer ihre Ansichten und Erfahrungen austauschen und Anregungen geben und empfangen.

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über die Tätigkeitsgebiete und die bei den einzelnen Abteilungen ausgeführten Arbeiten gegeben¹⁾.

¹⁾ Außer auf die allgemeinen Aufgaben ist dabei teilweise auf die in den Jahren 1920 und 1921 ausgeführten Arbeiten besonders eingegangen worden in Anlehnung an den in der „Telegraphen- und Fernsprechtechnik“, XI. Jahrgang, Nr. 7-12, veröffentlichten Tätigkeitsbericht.

B. Wissenschaftliche und technische Aufgaben und Arbeiten der Abteilung.

Abteilung I, Verwaltung.

Bei dieser Abteilung werden außer den inneren Verwaltungsangelegenheiten literarische und Patentangelegenheiten bearbeitet.

(I E.) Aus den wichtigen *Veröffentlichungen* aus dem Gebiet der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik werden Auszüge gefertigt, die als „Zeitschriftenschau“ den Dienststellen der Verwaltung zugehen.

(I G.) Ferner ist ein Geschäftskreis für *psychotechnische Eignungsprüfungen* des Personals gebildet. Die bis jetzt auf diesem Gebiete angestellten Untersuchungen und gewonnenen Erfahrungen versprechen einen günstigen Erfolg.

Abteilung II, Versuche.

Der Abteilung II liegt die Klärung und Bearbeitung wissenschaftlicher Fragen aus dem Gebiet der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik ob.

(II A.) Der Bau und die Planung von *Fernkabeln* erfordert eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen, die das Arbeitsgebiet eines Geschäftskreises bilden. Es kommen in Betracht die Prüfung angebotener Probelängen, die Berechnungen über die technisch und wirtschaftlich günstigste Dimensionierung der Kabel, insbesondere bezüglich der günstigsten Art der Ausrüstung mit Pupinspulen und der Anpassung an die Erfordernisse des Verstärkerbetriebs. Weitere Messungen und Berechnungen betreffen die Fragen der Fehlerbestimmungen der Prüfung und Beseitigung des Nebensprechens zwischen benachbarten Kabeladern, die Durchbildung der Einführungskabel in die Ämter sowie die Ausrüstung von Meßmethoden und Prüfung von Meßeinrichtungen.

(II B, C.) Zwei weitere Geschäftskreise sind eingerichtet zur Bearbeitung der wissenschaftlichen und technischen Aufgaben, die mit der Einführung der *Röhrenverstärker* für den Fernsprechbetrieb zusammenhängen. Durch Einschalten von Zwischenverstärkern an verschiedenen Punkten einer längeren Fernsprechleitung kann der Leiterquerschnitt erheblich herabgesetzt und damit viel Kupfer gespart und die Reichweite der Fernsprechverbindungen erhöht werden. Diese Zwischenverstärker erfordern in Verbindung mit einer Differentialschaltung die künstliche Nachbildung jeder der beiden Leitungsabschnitte sowie besondere Schaltungen, um eine Sprechmöglichkeit nach beiden Richtungen zu ermöglichen, ohne daß die Verstärker infolge Rückkopplung pfeifen. Diese Leitungsnachbildungen sind heute mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln möglich, doch treten bei der Nachbildung von Leitungen mit Pupinspulen gewisse Schwierigkeiten auf, die auf Inhomogenitäten zurückzuführen sind. Diese Fragen wurden theoretisch und experimentell geklärt. Für Freileitungen

hat es sich gezeigt, daß auf die Pupinisierung zweckmäßig überhaupt verzichtet wird, während für Fernkabel besondere Schaltungen (Kettenleiter) verwendet werden, um den schädlichen Einfluß von unvermeidbaren Inhomogenitäten der Leitungen zu vermeiden. Verstärkerämter wurden an verschiedenen Punkten Deutschlands nach der sogenannten Zweirohrenschialtung, bei welcher für jede Sprechrichtung eine besondere Röhre verwendet wird, und nach der Einrohrenschialtung, bei welcher dieselbe Röhre zur Verstärkung nach beiden Richtungen dient, eingerichtet. Ferner wurden zahlreiche Nebenfragen, wie die Prüfung von Zeitrelaisschaltungen zum Anruf für Überwachungszwecke, das Verhalten selbstregulierender Eisenwiderstände u. a. m., geklärt.

(II D. E.) Die beiden folgenden Geschäftskreise bearbeiten die wissenschaftlichen und technischen Fragen der *Mehrfachtelephonie* auf Leitungen mit hochfrequenten Trägerströmen und die Einführung und Eingliederung der neuen Betriebsweise in den praktischen Betrieb. Dabei war z. B. zu klären das Verhalten der verschiedenen Leitungen gegenüber schnellen Wechselströmen, ihre Dämpfung, Wellenwiderstand, Frequenzabhängigkeit und gegenseitige Beeinflussung, ferner zur Schaffung zahlreicher Verbindungsmöglichkeiten die Frage der Überbrückung von Niederfrequenzverstärkern und Ringübertragern, welche im Zuge der Leitung liegen, für hochfrequente Ströme, ferner die hochfrequente Verbindung zweier niederfrequent getrennt betriebener Leitungen durch Kondensatorketten.

Die Frage der günstigsten Schaltung der Sender und Empfänger machte zahlreiche theoretische und experimentelle Arbeiten notwendig. Es hat sich gezeigt, daß der fremdgesteuerte Sender dem selbsterregten in vieler Hinsicht überlegen ist. Für den Empfänger hat sich die Verwendung eines negativ vorgespannten Rohres gegenüber der Audionschaltung als überlegen erwiesen. Besonders schwierig war die Ausbildung der Siebkreise zur Trennung der einzelnen Gespräche sowie die Bemessung der richtigen Lochbreite, um gerade das durch die Sprache modulierte Frequenzspektrum durchzulassen. Ein anderes Verfahren, mit dem bisher günstige Ergebnisse erzielt worden sind, beruht auf der Verwendung einer Hochfrequenzmaschine als Schwingungserzeuger. Zahlreiche weitere Arbeiten betrafen die Stromversorgung, wobei erstrebt wurde, die vorhandenen Batterien und nach Möglichkeit die Stromquellen für die Verstärkerämter mit zu verwenden.

(II F.) Ein besonderer Geschäftskreis ist für physikalische Messungen und Untersuchungen gebildet. Es wurden die Baustoffe der Leitungen und Apparate untersucht, Proben von Kabeln, isolierten Drähten, von Isolierstoffen für den Bau von Apparaten, von Fernsprechkonden-

satoren, von Ersatzstoffen für Edelmetalle u. a. m. untersucht; ferner wurden Berechnungen über Leitungskonstanten ausgeführt und verschiedene Rechentafeln nach der Methode der Fluchtlinien entworfen, welche von der Firma „Stugra“, Berlin-Weidmannslust, gebrauchsfertig zu beziehen sind.

Zur Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragen aus dem Gebiet des *Funkwesens* sind bei der Abteilung II zwei Geschäftskreise eingerichtet (II G und II H).

(II G.) Zahlreiche Untersuchungen betrafen die Theorie ungedämpft schwingender gekoppelter Kreise bei Selbsterregung und Verfahren zu Hochfrequenzmessungen, insbesondere die Verhältnisse bei Röhrenregung. Weiter wurden für Hochfrequenzmeßzwecke Brücken und Differentialmethoden untersucht und ausgebildet, ferner die Verwendung von Elektronenröhren zu Meßzwecken näher geprüft. Weitere Untersuchungen betrafen die Messung und Herstellung von Phasenverschiebungen bei hohen Frequenzen. Andere Untersuchungen betrafen den Röhrengenerator, insbesondere die Frage des phasenreinen Senders. Es wurde die Brauchbarkeit der Dämpfungsmessungen mit gekoppelten Kreisen bei nicht genau phasenreiner Selbsterregung theoretisch und experimentell untersucht. Ferner wurden Schaltungen zur Erzeugung kurzweiliger ungedämpfter Schwingungen bis herab auf 2,4 m Wellenlänge ausgearbeitet. Untersuchungen über Antennen betrafen u. a. die Richtwirkungen der sogenannten geknickten Marconiantenne. Eine Richtwirkung war bei einer sehr genauen Untersuchungsmethode nicht festzustellen. Zur Dimensionierung von Großstationsantennen wurden Berechnungen der Strahlungsleistung vorgenommen. Das Leitvermögen des Erdreichs wurde in Abhängigkeit von der Frequenz bestimmt.

(II H.) Umfangreiche Untersuchungen betrafen die Ausbreitung elektromagnetischer Schwingungen, die atmosphärischen Störungen und die Anordnungen zu deren Beseitigung. Um Anhaltspunkte über die noch recht ungeklärten Ausbreitungsvorgänge zu erhalten, wurde eine objektive Methode zur quantitativen Messung der Empfangsstromstärke ausgearbeitet. Ferner wurden die atmosphärischen Störungen hinsichtlich ihrer Häufigkeit und Gleichzeitigkeit ihres Auftretens an verschiedenen Orten untersucht. Es zeigte sich, daß in Deutschland eine große Anzahl Störungen an verschiedenen Orten gleichzeitig und ohne ersichtliche Intensitätsunterschiede auftreten, daß also ihr Ursprung in großer Entfernung zu suchen ist. Durch gleichzeitige meteorologische Beobachtungen wurden die Beziehungen zwischen der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und den Vorgängen der Atmosphäre untersucht. Die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse lassen deutlich erkennen, daß bei gleichen Witterungsverhältnissen und Jahreszeiten ähnliche Störungsverhältnisse vorliegen.

(II J.) Die Fragen der *Pupinisierung* von Kabeln und Freileitungen, die Berechnung von Krarupkabeln, welche zur Erhöhung der Induktivität mit Eisendraht umspinnen sind, sowie die Ausführung von Messungen für die Fernsprechtechnik und Ausbildung und Prüfung der Methoden, die Normalisierung von Krarupkabeln sowie die Prüfung einzelner Apparate für Fernsprechzwecke bilden das Arbeitsgebiet eines weiteren Geschäftskreises.

(II L.) Ein *chemisches Laboratorium* ist zur Ausführung von Materialprüfungen eingerichtet, wie z. B. die Untersuchung von Schmierölen, Isolier- und Imprägnierstoffen, Rostschutzfarben, Kraftwagenbetriebsstoffen, Desinfektionsmassen, Farbenentferner, Kälteschutzmitteln, Klebstoffen, Firnis, Ölfarben, Papier, Putzmitteln, Sammlersäure, Tintenpulver, Wachs und vielen anderen Stoffen des Bedarfs im Betriebe der Post und der Telegraphie. Neben diesen Materialprüfungen sind andere technische und wissenschaftliche Fragen zu bearbeiten, wie die Korrosionserscheinungen in den Bleimänteln der Kabel, das Schadhafwerden von Zinkblech in Großstädten unterhalb von Telegraphen- und Fernsprechleitungen, das auf schädliche Bestandteile der Großstadtluft zurückgeführt worden ist. Ferner waren in Kriminalfällen Gutachten des chemischen Laboratoriums erforderlich.

(II M.) Die Frage der *Stromversorgung* für den Telegraphen- und Fernsprechbetrieb bildet ein weiteres Arbeitsgebiet. Es wurden Einrichtungen entwickelt, die Telegraphenleitungen und die Mikrophone der Fernsprechapparate unmittelbar aus Starkstromnetzen zu speisen. Gut bewährt hat sich für diese Zwecke die Verwendung der Glimmlampen als Vorschaltewiderstände, da diese als Ventile wirken, welche in unbelastetem Zustande die Schwach- und Starkstromleitung völlig voneinander trennen und beim Einschalten der Schwachstromleitung wie ein hoher Vorschaltewiderstand wirken. Weiter wurden zahlreiche Untersuchungen über neue Sammlertypen angestellt.

(II N.) Die *Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkstromleitungen* macht größere Untersuchungen über die Influenz- und Induktionerscheinungen bei Kreuzungen und Näherungen, über den besonders störenden Einfluß von Wechselstrombahnen sowie die Aufklärung zahlreicher Einzelfälle von Betriebsstörungen, Betriebsunfällen, Zerstörungen von Kabeln durch vagabundierende Ströme erforderlich.

(II O.) In einem weiteren Geschäftskreis werden die wissenschaftlichen Fragen der *Telegraphie* bearbeitet. Hierher gehören Untersuchungen über die Telegraphiergeschwindigkeit in langen Seekabeln, über Maschinen- und Vielfachtelegraphen sowie Verwendung und Ausbau des Telegraphenleitungsnetzes. Insbesondere wurden Versuche über Vielfachtelegraphie mit

hochfrequentem und mit hörbarem Trägerstrom angestellt. Die Vielfachtelegraphie mit hörbarem Trägerstrom in Adern der eigentlich für Fernsprechzwecke bestimmten Fernkabel hat befriedigende Ergebnisse geliefert.

(II P.) Die *mechanische Materialprüfung* der zahlreichen Gegenstände des Telegraphen- und Postdienstbedarfs bildet das Arbeitsgebiet eines Geschäftskreises. Hier werden Festigkeits- und Dehnungsprüfungen an Telegraphenbauzeug, an Eisengestellen für den Amtsbau und an Drahtproben angestellt. Beleuchtungsanlagen für die Diensträume nach Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit untersucht, Fenerlöcher, Staubsaugeapparate, Bindfaden, Löschpapier und viele andere Gegenstände des Bedarfs einer großen Verwaltung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht geprüft.

Laboratorium des Direktors I.

Außer zur Bearbeitung von Sonderaufgaben der Telegraphen- und Fernsprechtechnik dient dieses Laboratorium zur Unterstützung der Abteilungen, insbesondere hinsichtlich der wissenschaftlichen Klärung von Fragen aus den verschiedenen Tätigkeitsgebieten. Die Arbeiten sind z. T. unter den einzelnen Geschäftskreisen miterwähnt. Sie betrafen in der Berichtsperiode die Entwicklung der Hochfrequenztelephonie auf Leitungen und Untersuchungen der elektrischen Eigenschaften von Leitungen und Kabeln bei hohen Frequenzen, theoretische und experimentelle Studien über die Erhöhung der Telegraphiergeschwindigkeit auf langen Kabeln (Belastung mit Induktivität, Verbesserung der Stromkurve, Röhrenverstärker, Gegensprechschaltungen), Studien über Anwendung von Kettenleitern zum Heraussieben eines vorgeschriebenen Frequenzbandes, insbesondere für die Hochfrequenztelephonie, die Frequenz der Sprechströme und den für eine hinreichend gute Sprachübertragung erforderlichen Frequenzbereich, die Leistung von Telephonen, ferner die Aufklärung des physikalischen Vorganges beim elektrischen Durchschlagen fester Isolierstoffe, sowie die Eigenschaften von Spulenleitungen, insbesondere bei ungleichmäßiger Verteilung der Pupinspulen über die Leitung.

Abteilung III. Fernleitungen.

Es ist bekannt, daß man mehrere Fernsprechleitungen, die zwei Orte verbinden, außer in den Stammdoppelleitungen durch Verwendung von Differentialschaltungen auch noch in Kombinationen von vier und sogar acht Adern verwenden kann; die praktische Durchführung dieser Betriebsweise ist jedoch bis kurz vor dem Kriege auf Schwierigkeiten. Planmäßige Untersuchungen haben gezeigt, daß es für einen einwandfreien Doppelsprechbetrieb erforderlich ist, sowohl die beiden Zweige einer Doppelleitung als auch die zu kombinierenden Leitungen nach bestimmten Grundsätzen zu kreuzen. Da diese Gesichtspunkte

bei der Anlage der Fernsprechlinien ursprünglich nicht berücksichtigt worden sind, andererseits der mehrfachen Leitungsausnutzung eine außerordentliche wirtschaftliche Bedeutung zukommt, ist eine besondere Abteilung gebildet, welche die planmäßige Durcharbeitung des gesamten Fernsprechnetzes im Hinblick auf die Erfordernisse des Mehrfachbetriebes zur Aufgabe hat. Die Bedeutung dieser Maßnahmen geht am besten aus folgenden Zahlen hervor.

Geschützt wurden

im Jahre	km Linie	Leitung km	alte Vierer km	neue Vierer km
1920	6 143	(nicht ermittelt)	4 695	13 516
1921	22 481	133 811	15 611	34 405

Neu eingerichtet und in Betrieb genommen wurden

im Jahre	Vierer	Achter
1920	240	2
1921	450	11

Die Kosten für Aufstellung der Induktionschutzpläne und Ausführung der Schutzarbeiten betrugen 1920 rund 3 Millionen Mark, 1921 rund 7 Millionen Mark. Für die Herstellung neuer Leitungen an Stelle der neuen Vierer und Achter hätten aufgewendet werden müssen: 1920 rund 72 Millionen Mark, 1921 rund 145 Millionen Mark. Für das Jahr 1922 können diese Angaben zurzeit noch nicht mitgeteilt werden.

Außer diesen Aufgaben werden bei der Abt. III noch andere die Fernleitungen betreffenden Fragen bearbeitet, so die Einrichtung zur raschen Störungseingrenzung, die Beschaltungspläne und die Aufstellung der Leitungsverzeichnisse.

Abt. IV, Funkwesen.

Die praktische Einführung der Funktelegraphie in den Betrieb der Reichstelegraphenverwaltung bildet das Arbeitsgebiet einer weiteren Abteilung. Hier werden die den Bau, die Inbetriebnahme und den Betriebsdienst des Reichsfunknetzes betreffenden Angelegenheiten bearbeitet, der Wirtschafts- und der Funkwetterdienst erprobt und in den Betrieb übergeführt, Bedienungsanweisungen aufgestellt und ferner der Auslandsfunkverkehr geregelt. Außer solchen organisatorischen Arbeiten erfordert dieser neue Betriebszweig auch zahlreiche Laboratoriumsuntersuchungen, nicht nur über die Brauchbarkeit der von den Firmen gelieferten Geräte, sondern auch über die Entwicklung der Verfahren und Geräte zum Senden, für die besonderen Bedürfnisse der drahtlosen Telephonie und der Schnelltelegraphie sowie für den Empfang. Aus dem umfangreichen Arbeitsgebiet dieser Ab-

teilung sei der Ausbau der Hauptfunkstelle Königswusterhausen herausgegriffen; die hinsichtlich der Zahl der gleichzeitig aufgestellten Sender zurzeit die größte Station der Welt ist. Die Antennenanlage ist zurzeit so gebaut, daß gleichzeitig elf Sender arbeiten können. Sie wird getragen von fünf 150 m hohen, einem 100 m hohen und vier 30 m hohen Türmen. Es sind vorhanden zwei 10/5-kW-Röhrensender, 5 zu 1 kW, mehrere zu 500 Watt sowie ein 4-kW-Poulsensender. Sämtliche Sender werden vom H. T. A. Berlin aus getastet, in Königswusterhausen wird nur die Anlage technisch überwacht. Der Poulsensender oder ein großer Röhrensender dient dem drahtlos telephonischen Wirtschafts- und Rundspruchdienst und wird von der Eildienst-G. m. b. H. von deren Geschäftsräumen aus über eine gewöhnliche Fernsprechleitung besprochen. Die Hauptfunkempfangsstelle befindet sich in Zehlendorf. Es wird Rahmenempfang verwendet und Duplexbetrieb derart, daß nach jeder Richtung gleichzeitig in Königswusterhausen gesendet und in Zehlendorf empfangen wird.

Abt. V, Apparatbau.

Bei dieser Abteilung werden die Telegraphen- und Fernsprechapparate sowie die Amtseinrichtungen entwickelt. Diese Arbeit erstreckt sich sowohl auf die Neukonstruktion, die Prüfung von Verbesserungsvorschlägen und von Probestücken, als auch insbesondere auf die mit der Neuanlage und der Erweiterung von Telegraphen- und Fernsprechämtern zusammenhängenden umfangreichen Planfeststellungs- und Konstruktionsarbeiten. Die Tätigkeit dieser Abteilung ist außerordentlich umfangreich. Die Gliederung der Geschäftskreise entspricht den zu bearbeitenden Aufgaben: Materialienverwaltung und Leitung der Versuchswerkstätten, Messungen an Apparaten, Entwicklungs-, Konstruktions- und Fabrikationsfragen über Sprechstellenapparate, Amtsapparate, Vielfach-Umschalter für Zentral- und Ortsbatteriebetrieb und Amtseinrichtungen, Auskundschaft und Entwerfen neuer Amtseinrichtungen einschließlich der Fernamtseinrichtungen für zahlreiche Neuanlagen und Erweiterungen, Aufstellung der Pläne, Festsetzung der Schaltungen und Feststellung des Apparatbedarfs für diese Anlagen, Überwachung der Bauausführungen, Planung, Aufbau und Untersuchung selbsttätiger Vermittlungsämter, Vereinheitlichung der Einrichtungen für Nebenstellen im Aufbau und Betrieb, Bearbeitung der Anträge auf Einrichtungen von größeren reichseigenen Nebenstellen- und Reihenanlagen, ferner die Weiterentwicklung der Telegraphenapparate und -betriebsweisen sowie des Telegraphenamtbaus.

Abt. VI, Linienbau.

Bei dieser Abteilung wird die Technik des oberirdischen und unterirdischen Telegraphenbaus die Regelung des Baudienstes und das Planungs- und Bauwesen für Neuanlagen, größere Veränderungen

wie Verkabelung, Umlegen usw. bearbeitet. Die Technik des oberirdischen Telegraphenbaus umfaßt außer der Erledigung der laufenden Geschäfte, der Beratung der Oberpostdirektionen, auch die Prüfung und Begutachtung von Neuerungen und Erfindungen aus dem Telegraphenbauwesen. Hierher gehören Untersuchungen über Telegraphenstangen aus Eisenbeton, über Mastfüße, Aussprengen von Stangenlöchern, Luftkabelanlagen, Isolierlacke usw. Ferner werden bei dieser Abteilung statische Berechnungen für Masten und Leitungen aufgestellt zur Überbrückung großer Entfernungen, z. B. des Rheins, sowie zur bruchsicHERen Überführung von Starkstromleitungen bei Kreuzungen mit Schwachstromleitungen. Bei dieser Abteilung sind auch die für die bruchsicHERE Führung von Hochspannungsleitungen über Reichs-Telegraphen- und Fernsprechleitungen geltenden Bestimmungen ausgearbeitet worden. Für die Zwecke des unterirdischen Telegraphenbaus werden Fragen über das Mischungsverhältnis für Zementformstücke, über besondere Zementsorten, über Einziehen von Bleikabeln in Zementkanäle, über Festigkeit der Brunnenabdeckungen, über Form und Verwendung von Abzweigkästen, Kabelendverschlüssen, Linien-, Kabel- und Endverzweignern, Kabelüberführungsverschlüssen usw. unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, Betriebssicherheit, genügender Isolation und möglichst geringen Raumbedarfs untersucht. Die Schutzmaßnahmen gegen Starkstrom werden zum Teil auf Rechnung der Reichstelegraphenverwaltung ausgeführt. Die Überwachung und Wahrung der Wirtschaftlichkeit durch Prüfung der Kostenanschläge und Rechnungen und Verhandlungen mit den Unternehmern, über wirtschaftliche Gestaltung der Sicherheitsmaßnahmen liegt gleichfalls dieser Abteilung ob. Im Jahre 1921 mußten z. B. von 145 eingereichten Rechnungen 135 beanstandet werden, welche bei einem Gesamtbetrag von 339 295 M. insgesamt um 206 504 M. zu hoch waren.

Abt. VII, Apparatbeschaffung.

Die Aufgaben dieser Abteilung waren nach Kriegsende, infolge des plötzlich eintretenden außerordentlich hohen Bedarfs und der unsicheren Währungs- und Preisverhältnisse außerordentlich schwierig. Die Preisbildung mußte auf ganz neue Grundlagen gestellt werden, ebenso die Preisverzeichnisse. Von großer Bedeutung war auch die rechtzeitige Eindeckung mit den erforderlichen Rohstoffen, Wertmetallen und Fertigfabrikaten. Außer den Verhandlungen mit den Lieferfirmen, der sachlichen und rechnerischen Behandlung der Rechnungen über neu gelieferte und instandgesetzte Apparate und Apparateile sowie über die technische Einrichtung, Erweiterung und den Umbau von Telegraphen- und Fernsprechämtern werden bei der Abt. VII auch Prüfungen über die mechanischen und elektrischen

Eigenschaften der gelieferten Apparate usw. (Abnahmeprüfungen) vorgenommen.

Abt. VIII, Bauzeugbeschaffung.

Um den Schwierigkeiten, die durch die starke Abnutzung der Telegraphen- und Fernsprechanlagen, die große Unübersichtlichkeit der Marktverhältnisse, Preisschwankungen und Arbeitseinstellungen hervorgerufen worden waren, gerecht zu werden und um die angesichts der Finanzlage gebotene Wirtschaftlichkeit zu erreichen, war in den Jahren 1920 und 1921 die Zusammenfassung der Beschaffung des Bauzeugs beim Telegraphentechnischen Reichsamte durchgeführt worden. Der Bedarf für das Rechnungsjahr 1921 betrug in Millionen Mark:

Porzellandoppelglocken	5,75
verzinkter Eisendraht	22
Hartkupfer- und Bronzedraht	229,7
Telegraphen- und Fernsprechkabel	321,5
Kabel besonderer Bauart	10,2
Trockenelemente	25,9
Kleineisenzeug	50,0
Telegraphenstangen	56,9

dazu kommen noch einige kleinere Posten, so daß sich zusammen ein Gesamtbedarf von 743 Millionen Mark ergab. Bei der Deckung dieses für damalige Verhältnisse großen Bedarfs traten die Vorteile der Zusammenfassung an einer Stelle deutlich hervor. Von tiefgreifender Bedeutung war auch die rechtzeitige Eindeckung und Anpassung an die Marktlage. Im Jahre 1921 wurde so durch günstige Kupferkäufe eine Ausgabeersparnis von nahezu 40 Millionen Mark erzielt. Alle für das Beschaffungswesen in Betracht kommenden Vorgänge des Wirtschaftslebens, Preis-, Absatz- und sonstige Abmachungen der Erzeuger und Lieferanten, Geschäftsberichte, Zusammenschlüsse, Neugründungen, Kapitalserhöhungen, Lohnbewegungen, Bank- und Börsenwesen, Arbeitsmarkt, Verkehrswesen, Frachten usw. werden genau beachtet. Ferner wurden durch Vereinfachung des Abrechnungsverfahrens wesentliche Vorteile erzielt.

Physikalische Mitteilungen.

Das Spektrum des Heliums im extremen Ultraviolett.
Nachdem über das Spektrum des Heliums und die damit zusammenhängenden Fragen nach der Struktur des Heliumatoms in dieser Zeitschrift (siehe Naturw. 1922, S. 851 u. S. 416 u. 1920, S. 866) schon verschiedentlich berichtet worden ist, scheint es unerläßlich, auch von den neuesten Ergebnissen auf diesem Gebiete Mitteilung zu machen, zumal da durch dieselben unsere Kenntnisse nicht nur wesentlich erweitert und ergänzt werden, sondern auch in wichtigen Punkten eine Berichtigung erfahren. Wieder verdanken wir Th. Lyman (Science (N. S.) 167—168, Nr. 1441, 1922, siehe auch Nature Aug. 1922) diesen neuen Fortschritt, dem es durch einen Kunstgriff gelungen ist, eine Anzahl neuer Linien im extremen Ultraviolett zu finden, und zwar außer der starken Linie bei der Wellenlänge

im Einklange ist. Nach dieser Einordnung der neuen Linie läßt sich nun auch die Größe des Termes $0,5 S$ als Grenze der Serie berechnen. Diese ist ein Maß für Energie des Heliumatoms im Dauerzustand oder auch für die Arbeit, die man leisten muß, um ein Elektron vom Heliumatom zu entfernen, d. h. das Atom zu ionisieren. Die Ionisierungsarbeit ist nun von verschiede-

kehrt, wobei die freiwerdende Energie nicht in Strahlung, sondern in kinetische Energie der zusammenstreichenden Teilchen oder in Anregungsenergie des stoßenden Teilchens umgewandelt wird. Die nunmehr erzielte Übereinstimmung zwischen den auf rein optischem Wege gefundenen und nach der Methode des Elektronenstoßes ermittelten Werten zeigt die Tabelle 1.

Tabelle 1.

Von Lyman beobachtete Linien	Serienbezeichnung	Berechnete Anregungsspannungen	Von Franck und Knipping gemessene Anregungsspannungen, vermindert um 0,7 Volt	Bemerkungen
—	$0,5 S - 1,5 s$	19,77 Volt	19,75 Volt	Umwandlungsspannung, der keine Strahlung entspricht.
600,5 Å. E.	$0,5 S - 1,5 S$	20,55 "	20,55 "	Durch Auswahlprinzip verboten, daher lichtschwach.
584,4 "	$0,5 S - 2 P$	21,12 "	21,2 "	Erstes Glied der Absorpt.-Serie, daher stark.
537,1 "	$0,5 S - 3 P$	22,97 "	22,9 "	Zweites Glied der A-S.
522,3 "	$0,5 S - 4 P$	23,62 "	—	Drittes Glied der A-S.
515,7 "	$0,5 S - 5 P$	23,92 "	—	Viertes Glied der A-S.
(502 Å. E.) berechnet	$0,5 S$	24,5 "	24,6 "	Seriengrenze, Ionisierungsspannung.

denen Seiten, von J. Franck u. P. Knipping sowie von Frank Horton und A. Davies gemessen worden, und es ergab sich der Wert 25,3 Volt. Aus der obigen Einordnung der neuen Linien ergibt sich nun aber, aus dem Wert des Termes $0,5 S$ berechnet, für die Ionisierungsspannung der Wert 24,5, so daß zwischen den beiden Werten eine Differenz von 0,8 Volt besteht. Dasselbe gilt für die Voltwerte, die sich für die Übergänge von $0,5 S$ nach $2 P$ und $3 P$ aus dem Elektronenstoßverfahren ergeben hatten und die auch um 0,8 Volt größer sind als die Werte, die sich aus der Frequenz der neuen Linien berechnen lassen. Zu dieser Sachlage hat nun J. Franck in einer soeben in der Ztschr. f. Phys. 11, 155, 1922 erschienenen Arbeit Stellung genommen. Der Widerspruch zwischen den nach verschiedenen Methoden erhaltenen Resultaten läßt sich erfreulicherweise beheben. Franck zeigt, daß bei der Festlegung der Absolutwerte des beim Elektronenstoßverfahren gemessenen Spannungen ein Irrtum in der Deutung der Versuchsergebnisse unterlaufen war, so daß tatsächlich die gemessenen Voltwerte um 0,8 oder noch richtiger um 0,7 Volt zu vermindern sind. Auf Einzelheiten dieser Überlegungen von Franck einzugehen, würde hier zu weit führen. Er kann weiter zeigen, daß die Linie $\lambda = 600,5$, die bisher uneingeordnet blieb, entsteht beim Übergang von $1,5 S$ nach $0,5 S$. Dieser Übergang zwischen zwei Bahnen desselben Typus ist nach dem Auswahlprinzip eigentlich verboten, daraus erklärt sich das schwache und verschwommene Aussehen der Linie. Schließlich verdient es noch Erwähnung, daß eine Linie, die dem Übergang von $1,5 s$ oder $2 p$ nach $0,5 S$, also einem Übergang von einer Bahn des Orthoheliums nach einer Bahn des Parheliums entsprechen würde, nicht auftritt. Diese Tatsache ist eine neue Stütze für die Richtigkeit der Überlegungen von Franck, Knipping und Reiche über die Metastabilität des Zustandes $1,5 s$ des Orthoheliums. Ist das He-Atom durch den Stoß eines Elektrons in den dem Term $1,5 s$ entsprechenden Quantenzustand gebracht worden, so bleibt es in diesem so lange, bis bei einem weiteren Zusammenstoß des angeregten Atomes mit irgendeinem anderen Atom oder Molekül das angeregte He-Atom wieder in den dem Term $0,5 S$ entsprechenden Dauerzustand zurück-

Man kann wohl sagen, daß dieselbe eine vollständige ist, und wird annehmen dürfen, daß der nunmehr erreichte Zustand ein endgültiger ist. Aufgabe der Theorie wird es nun sein, das Heliumatom zu ersinnen und durchzurechnen, das diesen Versuchsergebnissen entsprechende Werte für Ionisierungsspannung und Terme ergibt. Da hierzu die eifrigsten Bestrebungen im Gange sind, darf man hoffen, daß auch dies Ziel in nicht zu ferner Zeit erreicht werden wird. Allerdings scheint es, nach Rechnungen von van Vleck (Phil. Mag. 44, 842, 1922), als ob die Erwartungen, die man in dieser Hinsicht an das neue Bohrsche Modell des Heliumatoms geknüpft hat, nicht ganz in Erfüllung gehen, doch wird man gut tun, abzuwarten, bis Bohr und Kramers zu dieser Arbeit selbst Stellung genommen haben.

W. Grotrian.

Astronomische Mitteilungen.

Die Spektren der schwächeren Komponenten von Doppelsternsystemen. Es ist eine oft behandelte Frage, welchem Spektraltypus die schwächeren Komponenten von Doppelsternsystemen angehören, ob einem „früheren“ oder einem „späteren“ als der hellere Hauptstern, wobei früher und später im Sinne der Reihenfolge B A F G K M gemeint ist. Eine Entscheidung dieser Frage ist wichtig im Hinblick auf die Anschauungen über die Entstehung und Entwicklung der Doppelsternsysteme im besonderen wie der Sterne überhaupt. Im allgemeinen schien bisher die Regel zu gelten, daß die schwächere Komponente vom späteren Typus sei; doch waren der bekannten Ausnahmen zu viele, als daß es sich hier wirklich um ein Gesetz handeln konnte. An 238 visuellen Systemen untersucht nun neuerdings Frederick C. Leonard die Verhältnisse (An investigation of the spectra of visual double stars, Lick Obs. Bulletin Nr. 343). Die Daten für 80 Systeme entstammen eigenen Beobachtungen des Verfassers mit einem Einprismenspaltspektrographen am 36-Zöller des Lickobservatoriums, für die übrigen 158 Paare wurden sie den bekannten Listen von Harvard und Mt. Wilson entnommen. Das Material ist auf das sorgfältigste diskutiert und die Ergebnisse sind an

Hand verschiedener Tabellen und Diagramme klar dargestellt. Wir wollen hier nur zwei Punkte herausgreifen.

1. Gruppiert man die Sterne nach dem Spektraltypus der helleren Komponente, so zeigt die schwächere Komponente:

in 77 Fällen = 31% der Gesamtzahl das gleiche Spektrum
 „ 85 „ = 34% „ „ „ ein späteres „
 „ 88 „ = 35% „ „ „ „ früheres „

Es scheint also gar keine Gesetzmäßigkeit obzuwalten. Prüft man aber, soweit dies möglich ist, die absoluten Helligkeiten der Komponenten, so zeigt sich, daß in der dritten Gruppe fast ausschließlich Sterne mit großer Leuchtkraft, Riesen, vertreten sind, in der zweiten dagegen fast nur absolut schwache Sterne, Zwerge, während sie in der ersten Gruppe etwa gleichförmig gemischt erscheinen. Damit ist der Weg zur richtigen Lösung des Problems gezeichnet, und ihn in der sofort zu besprechenden Weise beschritten zu haben, dürfte als das Hauptverdienst der vorliegenden Arbeit angesehen werden.

2. Wählt man nämlich die Sterne mit bekannter Parallaxe — es sind dies 85 Systeme — aus und gruppiert sie nach absoluter Helligkeit und Spektraltypus, so ergibt sich das bekannte Bild des Russellschen Diagramms: In einer Figur mit den Spektraltypen als Abszissen und den absoluten Helligkeiten als Ordinaten liegen die Bildpunkte der Sterne in zwei Streifen von je etwa drei Größenklassen Breite verteilt (in der nebenstehenden Figur punktiert gezeichnet), die „Riesen“ in einem horizontalen Streifen, die „Zwerge“ in einem schräg nach abwärts laufenden. Verbindet man aber in unserem Falle jeweils die beiden zusammengehörigen Bildpunkte eines Doppelsternsystems miteinander, so liegen auch diese Geraden innerhalb der Streifen und verlaufen an gleichen Stellen des Feldes nahezu parallel. Die Fig. 4 der Arbeit ist leider zu groß, als daß wir sie hier wiedergeben könnten. Durch einige leicht auszuführende Rechnungen habe ich daher für den vorliegenden Zweck das Wichtigste in eine kleine Tabelle und eine entsprechende Figur zusammengefaßt. Nach Ausschcheidung einiger abweichender Werte lassen sich drei Hauptgruppen unterscheiden, für welche die Daten jeweils gemittelt wurden, so daß jede Gruppe in unserer Tabelle und Figur durch einen „typischen“ Stern vertreten wird, dessen Eigenschaften gleich dem Mittel der ganzen Gruppe sind.

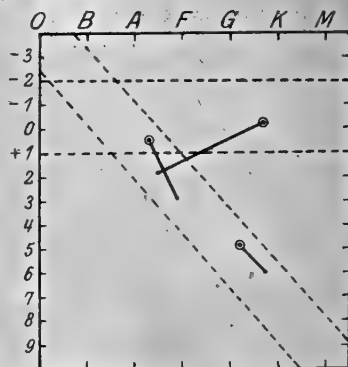
Gruppe	Hauptbereich	Anzahl	Sp (A)	M (A)	Sp (B)	M (B)	i	l
Riesen	M bis F	17	G 7	— 0,2	A 5	+ 1,8	25°	2,4
Riesen/Zwerge	B und A	13	A 3	+ 0,4	A 9	+ 2,9	110	1,6
Zwerge	F bis M	41	G 2	+ 4,8	G 7	+ 6,0	135	0,8

Die erste Gruppe umfaßt die ausgesprochenen Riesen, die dritte die ausgesprochenen Zwerge; die zweite stellt das Übergangsstadium dar, sie enthält die Sterne, deren Bildpunkte die von beiden Streifen überdeckte Spitze des Keiles ausfüllen.

Sp (A) und Sp (B) sind die Spektren der hellen bzw. schwächeren Komponente.

M (A) und M (B) sind die abs. Größen der hellen bzw. schwächeren Komponente.

Unter i und l schließlich stehen die mittleren Neigungswinkel und Längen der als Vektoren mit dem Anfang im Hauptstern aufgefaßten Verbindungslinien der beiden Bildpunkte.



Die drei typischen Doppelsternsysteme im Russellschen Diagramm.

Die Schlüsse, welche sich aus Tabelle und Figur ziehen lassen, können wohl ohne Kommentar hingeschrieben werden. a und b finden sich bei Leonard, c füge ich hinzu.

a) In fast allen Doppelsternsystemen geht die lichtschwächere Komponente der lichtstärkeren im Sinne der Lockyer-Russellschen Auffassung der Sternentwicklung voran. Da nach allgemeinen Erfahrungen die lichtschwächere Komponente zugleich auch die kleinere Masse hat, bestätigt sich damit die Ansicht, daß

b) ein Stern um so rascher die einzelnen Entwicklungsstufen durchläuft, d. h. um so rascher altert, je kleiner seine Masse ist.

Die Länge l der Verbindungslinien kann in gewissem Sinne als ein Ausdruck dafür angesehen werden, wie stark die schwächere Komponente der stärkeren in der Entwicklung voraneilt. Man sieht, daß der Abstand der Bildpunkte, der im Anfang sehr groß ist (entsprechend mehr als zwei Spektralklassen, d. h. Entwicklungsstufen), immer kleiner wird und schließt:

c) Der Übergang von einer Spektralklasse = Entwicklungsstufe zur anderen erfolgt um so langsamer, je älter der Stern schon ist. Ebenso wie der Reihe der Spektralklassen durchaus keine gleichförmige Reihe der effektiven Sterntemperaturen entspricht, so darf also auch die Wanderung des Bildpunktes in den Streifen des Russellschen Diagramms nicht als gleichförmig mit der Zeit fortschreitend gedacht werden.

H. Kienle.

Berichtigung.

In dem Aufsatz von E. Bratke und E. Waetzmann (11, 225, 1923) muß die Unterschrift unter den Figuren 13—16 heißen:

nicht Mittelzonen überkorrigiert — sondern unterkorrigiert,
 Randzonen unterkorrigiert — sondern überkorrigiert.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 18. (Seite 325—340.)

4. Mai 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Individualität. Von *M. Kronenberg, Berlin*. S. 325.

Tierische Chimären und künstliche Individualitäten. Von *W. Goetsch, München*. (Mit 8 Abbildungen.) S. 327.

Besprechungen:

Foot, P. D., und E. L. Mohler, The Origin of Spectra. Von *W. Grotrian, Berlin-Potsdam*. S. 334.

Millikan, R. A., Das Elektron. Seine Isolierung und Messung, Bestimmung einiger seiner Eigenschaften. Von *Peter Pringsheim, Berlin*. S. 335.

Bohr, Niels, The theory of spectra and atomic constitution. Von *Peter Pringsheim, Berlin*. S. 336.

Planck, Max, Physikalische Rundblicke. Von *G. Laski, Berlin*. S. 336.

Ephraim, Fritz, Anorganische Chemie. 2. Auflage. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 336.

Chemiker-Kalender 1923. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 336.

Schäfer, Clemens, Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus 2. Auflage. Von *W. Schottky, Rostock*. S. 337.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Ueber die Lokalisation von Schallquellen. Von *A. Kreidl und S. Gatscher, Wien*. S. 337.

Erwiderung. Von *H. Hecht, Kiel*. S. 338.

Ultraviolette Nordlichtstrahlen. Von *Carl Störmer, Kristiania*. S. 338.

Zur Geschichte des Ammoniakverfahrens. Von *Max Trautz, Heidelberg*. S. 339.

Bemerkung zu vorstehender Notiz. Von *Fritz Haber, Berlin-Dahlem*. S. 339.

Phosphoreszenzbeobachtung am Röntgensschirm. Von *B. Gudden und R. Pohl, Göttingen*. S. 340.

ZEISS

MIKROSKOPE

und mikroskopische Hilfsapparate

Lupen

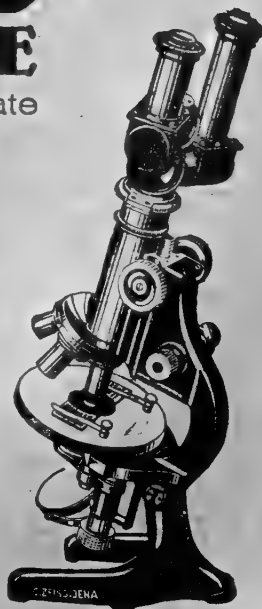
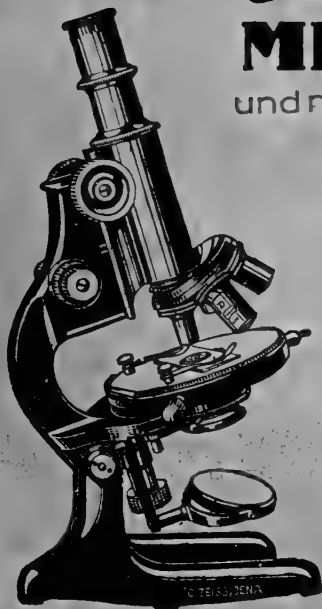
Projektionsapparate

Epilaskope

Photo-Objektive

usw.

Druckschriften auf
Wunsch kostenfrei



Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 4800.— M. für Mai 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst, 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck- für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 2020 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 21893 Julius Springer.

Voigt & Hochgesang Göttingen

**Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.** (260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Der Mai-Bezugspreis für die „Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 4800.— zuzüglich M. 240.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, M. 6.— Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise für das II. Vierteljahr 1923 sind dieselben wie die für das I. Vierteljahr 1923.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers

Von

Dr. Erwin Madelung

ord. Professor der theoretischen Physik an der Universität Frankfurt a. Main.

(XII, 247 S.)

Mit 20 Textfiguren.

G. Z. 8,25; gebunden G. Z. 10

Das vorliegende Werk enthält ohne Beweise eine Zusammenstellung von Formeln, Lehrsätzen, Methoden, kleinen Tabellen, deren sich der Physiker ständig bedienen muß. Neben der eigentlichen mathematischen Analysis, der Lehre von den Vektoren und Tensoren, der Wahrscheinlichkeitsrechnung erfahren auch die wichtigsten Kapitel der mathematischen Physik ihre Behandlung.

Aus dem Inhalt:

Algebra: Lineare Gleichungssysteme — Matrizes und Determinanten — Kombinatorik.

Funktionen: Allgemeine Funktionentheorie — Spezielle Funktionen.

Reihen.

Differential- und Integralrechnung.

Differentialgleichungen: Allgemeines über Differentialgleichungen — Gewöhnliche Differentialgleichungen — Partielle Differentialgleichungen.

Lineare Integralgleichungen.

Variationsrechnung.

Transformationen: Allgemeines über Transformationen — Koordinaten-Systeme und Koordinaten-Transformationen — Berührungstransformation (Kontakttransformation).

Vektoranalysis: Koordinatenfreie Formulierung der Vektoranalysis — Koordinatenmäßige Formulierung der Vektoranalysis im n -dimensionalen Raume.

Wahrscheinlichkeitsrechnung: Grundbegriffe — Schwankungen — Mittelwertbildung — Wahrscheinlichkeitsnachwirkung — Einige physikalische Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Mechanik: Prinzipien der Mechanik — Mechanik des einzelnen Massenpunktes — Systeme von Massenpunkten — Starrer Körper — Mechanik der Continua.

Elektrizitätslehre.

Relativitätstheorie: Grundbegriffe — Vierdimensionale Darstellung der Welt und Relativitätsprinzip — Lorentztransformation — Physikalische Bedeutung vierdimensionaler Vektoren und Tensoren — Elektrodynamik — Elektrodynamik in (bewegten) Medien — Dynamik der Masse — Allgemeine Relativitätstheorie.

Thermodynamik: Grundbegriffe — Hauptsätze — Zustandsvariablen — Koeffizienten — Spezialfälle — Prozesse — Zustandsgleichung — Vollständige Systeme — Spezielle Gleichgewichte — Phasentheorie — Massenwirkungsgesetz — Dritter Hauptsatz der Thermodynamik — Namen- und Sachverzeichnis.

Die Individualität.

Von M. Kronenberg, Berlin.

Das Wort „Individualität“ erweckt zunächst die Vorstellung von Phänomenen, die allein und ausschließlich der Sphäre des Menschlichen angehören. Wir denken dabei daran, daß jeder einzelne Mensch als solcher von allen anderen Menschen völlig abgesondert, durch eine tiefe Kluft durchaus geschieden ist, in seinem Wesen gleichsam eine Welt für sich bildet.

Ja, innerhalb der Menschenwelt selbst scheint das Wort „Individualität“ zunächst wiederum nur einen ganz kleinen, aufs engste eingeschränkten Kreis von Erscheinungen zu umschreiben. Wir sprechen etwa von der Individualität eines Goethe, Bismarck usw. und meinen, diese Bezeichnung vielen, den meisten anderen Menschen, dem sogenannten Durchschnittstyp, durchaus versagen zu können, ja zu müssen.

Indessen kann man beide Arten der Einschränkung nur in einem gewissen Sinne als berechtigt und zuverlässig anerkennen; in dem Sinne nämlich, daß der Begriff „Individualität“ hier in einer engeren und zugleich eminenten Bedeutung gefaßt wird, daneben aber, wie so mancher andere Begriff, eine allgemeinere Bedeutung besitzt — und eben diese Bedeutung ist es natürlich auch, die ihm auf wissenschaftlich-philosophischem Felde zukommt. Nicht nur allgemeiner ist hier die Bedeutung und Geltung des Begriffs, sondern die allgemeinste und umfassendste, die überhaupt zu denken ist — nichts Lebendiges, ja überhaupt nichts Seiendes ist so von ihm ausgeschlossen. In diesem allgemeinsten und umfassendsten philosophischen Sinne genommen gilt also der Begriff der Individualität nicht nur für die Menschenwelt, sondern ebenso gut für die Tier- und Pflanzenwelt, für die Protisten, die Einzeller usw. Und so haben Untersuchungen über das Wesen der Individualität denn auch nicht nur Interesse für die Geisteswissenschaften, für Psychologie und Ethik im besonderen, sondern ebenso für den Gesamtbereich der Naturwissenschaften, für die Biologie im besonderen, aber ebenso auch für die meisten anderen naturwissenschaftlichen Sondergebiete.

Schon diese allgemeinen Verschiedenheiten der Bewertung des Begriffs weisen von vornherein auf die Problematik hin, die in ihm verborgen ist. In der Tat, es ist eine Fülle von Problemen, auf welche das Wort Individualität hindeutet. Daher muß es jedenfalls als Verdienst anerkannt werden, wenn in einer Schrift von Rich. Müller-Freienfels „Philosophie der Indivi-

dualität“ (Leipzig, Felix Meiner) in einer umfassenden Darstellung diese vielseitige Problematik aufgezeigt und von den verschiedensten Seiten her beleuchtet wird; auch dann noch ein Verdienst, wenn man finden sollte, daß die Lösungsversuche, oder vielmehr die Ansätze zu solchen, denn um mehr handelt es sich in den meisten Fällen nicht, an Wert und Bedeutung hinter der Entwicklung der eigentlichen Problematik zurücktreten.

Die ganze Schwere dieser Problematik tritt sogleich zutage, wenn man versucht, ihr mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln philosophischer Betrachtung und Erkenntnis, die oft ausschließlich als solche gelten, näher zu kommen. Denn alsdann sieht man: es handelt sich hier um einen Begriff, der jeder Art von Definition sich durchaus entzieht; es soll hier etwas erkannt werden, was im Grunde unerkennbar ist, in dem Sinne jedenfalls, in dem das Wort Erkenntnis gemeinhin genommen wird; und es soll hier etwas zu gesetzmäßiger Einheit zusammengefaßt werden, worauf ja alle Wissenschaft hinzielt, was ebenso wohl der Einheit wie der Gesetzmäßigkeit widerstreitet, ja ihr direktes Gegenteil darstellt.

Die Individualität als Begriff entzieht sich also jeder Art von Definition. Denn diese ist überall nur da möglich, wo Zusammenhänge, Grenzbeziehungen des zu Definierenden mit etwas anderem bestehen und somit auch ein Allgemeines, ein irgendwie Übergeordnetes mit gegeben ist und in Frage kommt. Gerade aber das ist hier der Natur nach ausgeschlossen. Denn zum Wesen der Individualität gehört eben das Isoliertsein, der Charakter des Einzigartigen, nur einmal Gegebenen, die Ausschließung aller Grenzbeziehungen, jeder Art von Verwandtschaft, Ähnlichkeit usw., somit erst recht jeder Art von Über- und Unterordnung unter ein Höheres oder Allgemeineres. Und damit ist bereits gegeben, daß die Individualität als solche unerkennbar ist, wenigstens in dem üblichen Sinne unerkennbar. Denn der Verstand, das Organ der Erkenntnis in diesem Sinne, kann nicht anders, als mit seinen ihm eigentümlichen Mitteln, der Logik, das Gegebene, das da erkannt werden soll, zu ordnen, einzureihen, Verknüpfungen herzustellen, ein-, über- und unterzuordnen, alles gewissermaßen in Reih und Glied zu bringen, mit dem Endziel der allumfassenden Über- und Unterordnung durch die weithin alles Seiende beherrschende Gesetzmäßigkeit. Wie aber sollte dies alles möglich sein bei der Individualität, die isoliert, einzigartig ist und alles Gesetzmäßige gerade vollkommen negiert und von sich ausschließt?

Der Verfasser bringt diese grundlegende Antinomie auf eine kurze Formel, indem er sagt, alle Wissenschaft im üblichen Sinne sei ihrem Wesen nach *rational*, die Individualität aber sei ihrem Wesen nach gerade das Gegenteil, nämlich durch und durch *irrational*. Man kann diese heute sehr gebräuchliche Formulierung des Gegensatzes gelten lassen, obwohl sie nicht ganz frei von Bedenken ist. Aber jedenfalls muß man ihm ganz beistimmen, wenn er darauf hinweist, daß trotz allem die Philosophie der Individualität kein völlig hoffnungsloses Unterfangen, und wie dennoch in gewissem Sinne und innerhalb gewisser Grenzen eine Erkenntnis der Individualität möglich ist: die rationale, mit den Hilfsmitteln der Logik arbeitende Erkenntnis ist nur *eine* Art der Erkenntnis überhaupt, aber keineswegs die einzige, allein zulässige oder allein „wissenschaftliche“, wie dies seit den Anfängen des wissenschaftlichen und philosophischen Denkens bis auf unsere Tage immer wieder von neuem behauptet wurde, obwohl es immer wieder längst widerlegt worden ist. Vielmehr gibt es neben der logisch-rationalen Erkenntnis, als die tiefere und wichtigste Grundlage alles Erkennens überhaupt, noch jene andere, die man aber besser, um naheliegende Mißverständnisse zu vermeiden, nicht als *irrational* Erkenntnis, sondern als *Intuition*, geistiges Schauen bezeichnet. Daß die Individualität etwas Irrationales sei, war, wie der Verfasser sagt, auch schon „der älteren Logik nicht unbekannt, denn sie bezeichnete das Individuum als „ineffabile“ und zog daraus den Schluß, daß es keine Erkenntnis vom Individuum geben könne, einen Schluß, den ich nicht mitmache. Ich behaupte nämlich, darin mit vielen neueren Denkern einig, daß die rationale Logik nur *eine* Art der Erkenntnis, nicht die Erkenntnis schlechthin begründe. Denn das Leben ist mehr als die rationale Wissenschaft, und Philosophie ist mir nicht bloß Wissenschaftslehre, sondern Erkenntnis auch dessen noch, was nicht in die Wissenschaft eingeht. — Ja, Philosophie ist mehr noch als Erkenntnis; Philosophie ist selber Leben, eine Auseinandersetzung nicht nur des Kopfes, sondern des ganzen Menschen mit der Welt.“

Von solchem Standorte der Betrachtung aus hat es naturgemäß für den Verfasser besonderen Reiz, gerade dem Irrationalen der Individualität nach verschiedenen Richtungen hin nachzugehen, auch wenn es sich dabei naturgemäß oftmals mehr um Andeutungen, von Erkenntnissen als um diese selbst, mehr um allgemeinere Umschreibungen von Tatbeständen als um deren scharfe begriffliche Fixierung usw., ja oftmals mehr um rein negative Feststellungen als um positive Versuche handelt, das hinter ihnen verborgene Problem selbst zu lösen. So werden z. B. einem der wichtigsten irrationalen Wesensmerkmale der Individualität gegenüber, daß sie nämlich als unvergleichlich und nur mit sich identisch im Grunde auch immer beharrlich, im Wesen also unver-

änderlich sei, demgegenüber werden alle negativen Instanzen sorgfältig gesammelt und aufgewiesen. So schon die Wandlungen der rein körperlichen Individualität, die Veränderungen des Leibes. Neben anderem weist dabei der Verf. mit Recht auf die wichtige Tatsache hin, daß ja der mit der Geburt sich freimachende Leib gar kein Anfang ist, sondern daß das erste Stadium des entstehenden Menschen ein einzelliges Wesen ist; und daß dieses im Mutterleibe wiederum mannigfache Wandlungen durchläuft, die eine auffällige Ähnlichkeit mit systematisch tieferstehenden Tierklassen darbieten. So gleichen die Embryonen des Menschen (wie die der Säugetiere überhaupt und der Vögel) ganz auffallend den wasserbewohnenden Fischen in deren ausgewachsenem Zustand. Es treten die gleichen Schlundspalten auf, die Glieder sind breite flossenartige Platten, die Herzbildung ist wie bei den Fischen. Es sind das alles Beispiele jener Tatsachen, die zur Aufstellung des „biogenetischen Grundgesetzes“ geführt haben, d. h. der Lehre, daß die Ontogenie die Rekapitulation der Phylogenie ist. Mag dies Gesetz auch im einzelnen mancher Einschränkungen bedürfen, es erhebt die Wandlung des Embryos doch über jeden Zweifel hinaus.“ — Aber mit den Veränderungen der Seele ist es nicht anders; die unaufhörlichen psychischen Wandlungen der Individualität sind ebenso unbestreitbar. Wenn freilich der Verfasser meint, „jedes Erlebnis wandelt irgendwie die Seele um“ und „wir können nichts noch einmal erleben, weil das Erlebnis selber die Seele umformt“ — so geht er hier zu weit, unterschätzt die Eigenkraft des Individuellen und die dadurch gegebenen Möglichkeiten, wie diese Unterschätzung ja auch bei so vielen „Modernen“ sich findet, die das Wort „Erleben“ beständig im Munde führen und seinen Wert oft maßlos übertreiben. Aber sicher hat der Verfasser recht, wenn er auf die Wandlungen der Seele, die Veränderungen des Innen wie des Außenbildes, nachdrücklich hinweist und schließlich beides, die körperlichen wie die seelischen Wandlungen, zusammenfassend sagt: „Der berühmte Identitätssatz versagt der lebendigen Individualität gegenüber, die in allen ihren Erscheinungsweisen beständigem Wandel unterliegt. Das einzige, was man zugeben kann, ist, daß eine gewisse Kontinuität besteht, und das ist es denn auch, was den Glauben an die angebliche Identität des Individuums mit sich selbst hat aufkommen lassen. Aber Kontinuität ist keine Identität: Mögen einzelne Partien der Individualität festere Konsistenz haben, auch sie unterliegen der Wandlung. Wie der wissenschaftlich Denkende den Gletscher, der dem Laien als fester Block erscheint, als Fließendes erkennt, so muß der philosophisch Denkende das Ich nicht als „Ding“, als Substanz, als feste Form, sondern als ein unablässiges Geschehen begreifen. Jedes feste Bild, jeder feste Begriff verfälscht die Wirklichkeit.“

Indessen gibt es nun innerhalb der Erschei-

nungswelt der Individualität neben dem Irrationalen doch auch ein Rationales, und dies ebenso der Tatsächlichkeit nach wie der bloßen Möglichkeit und Tendenz nach. Schon die Betrachtung und Untersuchung des Irrationalen ist ja nicht möglich, ohne neben und hinter dem im strengsten Sinne Irrationalen gewisse Regelmäßigkeiten, Gleichheiten, feste Anlagen usw., kurz rationale Momente zu erkennen und gelten zu lassen. Und so gibt es überhaupt und ganz allgemein innerhalb alles irrationalen Geschehens, auch dem der Individuation, eine Tendenz, ein Streben zur Rationalisierung, d. i. zur Gestaltung von relativ Gleichem, Dauerndem, Einheitlichem, Abgrenzbarem, zur Herausbildung relativ fester, einheitlicher, abgrenzbarer Gebilde aus dem irrationalen Strome des Werdens. Ihre Möglichkeit, bemerkt dazu der Verfasser, geht auf eine biologische Tatsache, ein in der vorindividuellen Entwicklung bereits überall aufzeigbares Prinzip zurück: „auf die Tendenz der Lebensvorgänge, sich zu wiederholen, soweit sie sich für das Subjekt des Lebens als nützlich erweisen. Bereits in der untermenschlichen Natur finden wir überall zu nächst ein irrationales Probieren und danach eine Wiederholung geglückter Probiervorgänge, eine Wiederholung, die zu dauernden Umbildungen des betreffenden Lebewesens zu führen vermag.“

In der Wiederholung (Gewöhnung, Anpassung, Nachahmung), die bei häufiger Übung zur Ausprägung fester organischer Formen führt, sieht der Verfasser also das Grundprinzip aller Rationalisierung. Er unterscheidet dabei weiterhin einerseits die *inner-individuelle* (z. B. ethische, ästhetische) und *zwischen-individuelle* (d. i. soziale) Rationalisierung, andererseits „die *natürliche* Rationalisierung, d. h. die ohne bewußte Absicht geschehende Gewöhnung, Anpassung und Nachahmung, die dazu führt, leibliche wie psychische Funktionen auszuprägen und ihrerseits das Werk der vorindividuellen Rationalisierung fortsetzt“ — von der *künstlichen* Rationalisierung, „die aus bewußter Absicht heraus geschieht. Auch sie ist jedoch nicht etwas von der natürlichen Rationalisierung grundsätzlich Verschiedenes, sondern muß sich, wenn sie zum Ziele gelangen will, der gleichen Methoden wie jene bedienen“.

Von diesen beiden entgegengesetzten Arten der Rationalisierung unterscheidet der Verfasser noch eine dritte Art, die er als *fiktive* Rationalisierung bezeichnet. Sie vereinigt im Grunde jene beiden anderen Arten, behält das Gegensätzliche in ihnen, aber nicht innerlich oder auch nur durch ein Kompromiß, sondern durch willkürliche Parteinahme zugunsten des Rationalen, indem sie „über alles Irrationale hinwegsieht und die Menschen schlechthin so behandelt, *als ob* sie konstant und *als ob* sie gleiche Größen wären. Sie übertreibt innerhalb des Umkreises der Individualitäten alles Rationale und läßt alles Irrationale als unwesentlich beiseite.“ — Gegen

diese fiktive Rationalisierung erheben sich wesentliche Einwände und Bedenken, zum Teil von derselben Art, wie sie gegen die Vaihingersche „Philosophie des Als ob“ (der der Verfasser hier folgt) und ihren Begriff der Fiktion überhaupt sich erheben¹⁾. Wie sehr diese Bedenken sich regen müssen, ersieht man beispielsweise daraus, daß der Verfasser selbst die Individualität „Goethe“, als *gefäßte* Einheit gefaßt, oder die nationale Einheit der verschiedenen Stämme des deutschen Volkes als *bloße* Fiktion im Sinne fiktiver Rationalisierung *ansieht*.

Indessen hindert das natürlich nicht anzuerkennen, daß der Verfasser seiner schwierigen und vielseitigen Aufgabe im ganzen durchaus gerecht geworden ist und sie in vielfach anregender Weise gelöst hat. Das gilt namentlich auch von den beiden letzten Hauptteilen des Buches, dem dritten „Das Individuum und die Werte“ und dem vierten „Die Individualität und das Leben“, in welchem letzterem auch die Individualität in der nichtmenschlichen Natur eingehend untersucht wird, und in interessanter Weise ebenso das Bewußtsein der Tiere wie das Individualitätsbewußtsein der „Stöcke“ (Bienen, Ameisen), die Welt der Kristalle wie die der überindividuellen Wesenheiten (Gestirne) behandelt werden, wobei es natürlich an Analogien aus dem Bereiche menschlicher Individualitäten (z. B. Vergleich des Menschenstaates mit dem Insektenstaat) nicht fehlt. Vor allem die ganze Fülle der Problematik tritt dabei auch hier, ja vielleicht noch stärker als vorher, deutlich zutage.

Tierische Chimären und künstliche Individualitäten*).

Von W. Goetsch, München.

Die Chimaira der griechischen Sage war ein Ungeheuer, das aus der Zusammensetzung von einem Löwen, einer Ziege und einer Schlange bestand; und Chimären nennt man daher in der Biologie gewisse zusammengesetzte Lebewesen, die verschiedenartige Elemente in sich vereinigen.

Der Ausdruck Chimäre ist von dem Botaniker H. Winkler geprägt. Es werden damit die bei Pfropfungen entstehenden Gebilde bezeichnet, die zwar äußerlich als Zwischenformen erscheinen; in der Art ihrer Zusammensetzung lassen sie aber deutlich noch die Bestandteile der Arten erkennen, aus denen sie zusammengesetzt sind. So kann beispielsweise an einem Nachschattengewächs die äußere Schicht aus Bestandteilen der einen Spezies bestehen, während die innere von der anderen Art gebildet wird. Oder aber es findet sich an Knospen, die bei gepfropften Gewäch-

¹⁾ Vgl. über die „Philosophie des Als ob“ meinen Aufsatz „Fiktion und Hypothese“ in Heft 23 u. 24 der „Naturwissenschaften“ vom 4. und 11. Juni 1915 (3. Jahrgang).

* Vgl. die Aufsätze über „Relativität der Individuen“, Naturw. Wochenschr. 1922, Heft 15, 36, 39, 41.

sen gebildet werden, ein kleiner Abschnitt des Achsenteiles mit dem Charakter des Pfropfreises, so daß im Querschnitt der Knospe der eine Sektor andere Strukturen besitzt als der Hauptteil. Solche Gebilde werden als *Sektorial-Chimären* bezeichnet (Fig. 1a), zum Unterschied von den *Periclinal-Chimären*, bei denen die äußere Schicht einen anderen Charakter besitzt als das Innere (Fig. 1b) und den *Mosaik-Chimären*, in denen Zellgruppen verschiedener Herkunft durcheinander vorkommen (Fig. 1c).

In der Zoologie haben nach dem Vorgange der Botaniker *Spemann* und seine Schüler Organismen aus embryonalen Zellen verschiedener Elementararten hergestellt¹⁾, und in neuester Zeit hat *Schaxel*²⁾ den Begriff bei seinen Axolotl-Versuchen angewandt. Er konnte z. B. durch Kombination von Regenerationsstadien Organe herstellen, die von verschiedenfarbigen Elementen gebildet wurden; beispielsweise Beine, die zur einen

gut zum Ausdruck, der zwischen Vereinigungen von mindestens zwei Tierhälften und anderen Transplantationen besteht, bei denen nur minimalere Teile auf einen sonst wohl ausgebildeten Organismus übertragen werden. Man muß aber beim Gebrauch dieser Begriffe immer beachten, daß es zwischen beiden Extremen alle Übergänge gibt, und bei jeder Definition, die sich direkt oder indirekt mit dem Individualitätsbegriff befaßt, das Relative dieses Ausdrucks berücksichtigen.

Wirkliche Vereinigungen von Hälften zu einer Einheit hat *Born*⁴⁾ in seinen Experimenten an Fröschen sehr schön ausgeführt, und nach ihm hat *Harrison*⁵⁾ durch Regenerations- und Transplantationsversuche die Fragen zu beantworten gesucht, wie bei Vereinigungen halber Froschlaven die Nerven und andere Organe gebildet werden. Die betreffenden Beobachtungen waren dadurch in besonders schöner Weise ausführbar, weil die beiden Froscharten, die *Harrison* benutzte, hell-

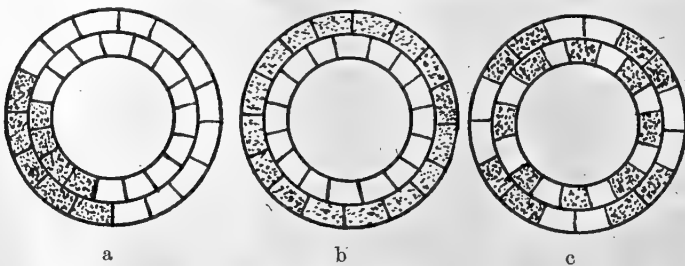


Fig. 1. Schematische Durchschnitte durch Chimären: a) Sektorialchimäre mit einem andersartigen Sektor; b) Periclinalchimäre, deren äußere, gepunktete Teile andersartig sind als die inneren; c) Mosaikchimäre³⁾.

Hälfte weiß, zur anderen schwarz waren. Es wären so Sektorialchimären im Sinne der Botaniker entstanden, wenn es sich auch allerdings nur um Organe mit chimärenhaftem Charakter handelte und nicht um ganze Organismen.

Für unsere Problemstellung hier ist es schon wichtig genug, zu wissen, daß Teile des einen Individuums in ein anderes eingefügt wurden und dort die Rolle des ursprünglichen Organs übernehmen können. Schöner zeigt sich jedoch das Relative in der Individualitätsbildung in den Fällen, in denen größere Abschnitte sich zu einer Einheit zusammenfügen lassen; ganze Tiere oder doch Teile, die selbständig existieren können. Für solche Vorgänge hat *Isseyew* in Petersburg mir den Ausdruck *Konplantation* vorgeschlagen, den ich aus praktischen Gründen auch akzeptieren möchte. Kommt doch dadurch der Unterschied

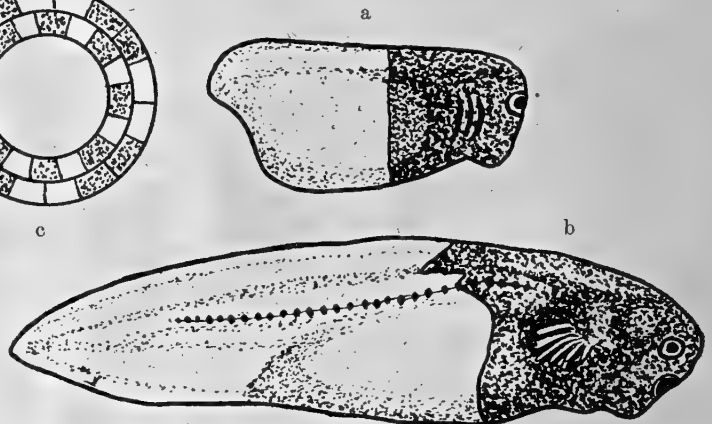


Fig. 2. Vereinigung von Kaulquappen der Froschart *Rana silvatica* (dunkel) mit *Rana palustris* (hell); a) 24 Stunden nach der Vereinigung; b) 51 Stunden nachher. Die gepunktete Seitenlinie wächst vom dunklen Kopfteil auf die helle Hinterhälfte. (Nach *Harrison*.)

gelbe und dunkelbraune Larven besitzen. Wurden bei solch jungen Kaulquappen, wie es bei dem Versuch der Fig. 2 geschehen ist, an ein dunkles Vorderende ein heller Schwanzteil angepfropft, so konnte man die Grenze beider Teile auch nach dem Zusammenwachsen noch gut erkennen, und die Zusammensetzung aus zwei Teilen ist auch dann noch deutlich, wenn gewisse Teile des einen Abschnitts auf den anderen übergreifen. Dies ist in der Fig. 2b geschehen; die Rückenpartien des dunklen Teiles sind bedeutend nach hinten gewachsen, und besonders die Seitenlinie, dieses so wichtige Sinnesorgan der Wassertiere, hat sich von vorn aus ganz auf die helle Schwanzregion ausbreitet.

1) *Spemann, H.*, Die Erzeugung tierischer Chimären, Arch. Ent.-Mech. 48, 1921; *Mangold, O.*, Fragen der Regulation und Determination, Arch. Entw.-Mech. 47, 1920; *Taube, E.*, Regeneration mit Beteiligung ortsfremder Haut, Arch. Entw.-Mech. 49, 1921.

2) *Schaxel, J.*, Über die Herstellung von Chimären. Verh. der Deutsch. Zool. Gesellsch., Würzburg 1922.

3) Fig. 1, 3, 6—8 aus dem Buch „Tierkonstruktionen“, München 1923.)

4) *Born*, Die künstliche Vereinigung lebender Teilstücke von Amphibienlarven. Jahresber. Schles. Gesellsch. Vaterl. Kultur 1894 u. Anat. Anz. 1895.

5) *Harrison*, Exper. Unters. über die Entwicklung der Sinnesorgane u. Seitenlinie der Amphibien. Arch. mikroskop. Anatomie LXIII, 1904.

Trotz solcher Überwachungen blieben aber die beiderlei Bestandteile immer deutlich getrennt, und auch dann ließ sich durch die Pigmentierung der Haut noch eine deutliche Grenze feststellen, als die Tiere in die Metamorphose eintraten und aus der Kaulquappe ein Frosch wurde. Die Vereinigung artfremder Tierstücke kann demnach auch bei Wirbeltieren eine Einheit herstellen, die aber anders als ein echter Bastard immer noch die Teile erkennen läßt, aus der sie zusammengesetzt ist.

Konplantationen und andere Vereinigungen an niederen Tieren sind in früheren Betrachtungen bereits öfter erwähnt worden. Planierteile größeren Umfangs ließen sich zur Verwachsung bringen⁶⁾, und bei Hydren ist die Vereinigung von Hälften zweier verschiedener Tiere verhältnismäßig leicht. Man braucht nur die Teilstücke auf ein Haar aufzureihen (Fig. 3 a) und die Wundränder wachsen bei einiger Vorsicht aneinander; nach Verlauf weniger Tage ist dann aus den Bestandteilen verschiedener Organismen eine Einheit geworden (Fig. 3 b und c).

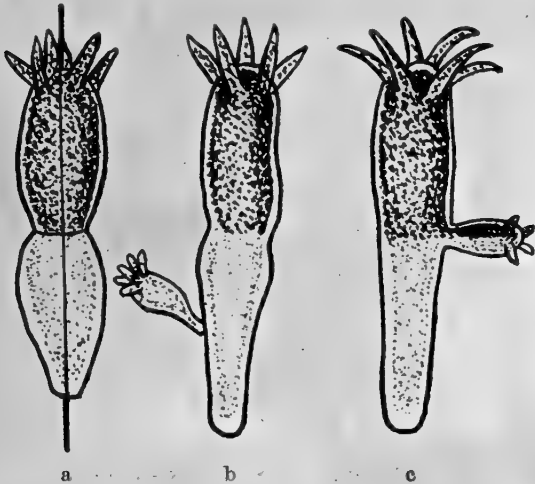


Fig. 3. Vereinigung von dunklem, algenhaltigem Kopfstück einer Chlorohydra mit heller, algenfrei gemachter Fußpartie derselben Art: a) die Teile auf ein Haar aufgezogen; b) Vereinigung der Teile beinahe vollendet; c) Vereinigung vollkommen; die an der Schnittstelle heranwachsende Knospe ist aus beiden Bestandteilen zusammengesetzt.

Für meine Versuche über dies Thema lagen die Verhältnisse besonders günstig, da ich wie Harrison verschiedenfarbige Tiere benutzen konnte. Wie ich in dem Aufsatz über die Probleme der Symbiose⁷⁾ darlegte, hatte ich durch die Entfernung der Symbionten bei Chlorohydra und das Auftreten von Algen in Hydra die Möglichkeit, grüne und braune oder weiße Polypen zu verwenden, so daß die einzelnen Abschnitte durch die Färbung deutlich abgegrenzt waren.

In der Fig. 3 sehen wir, wie durch Vereinigung solcher Teilstücke nach und nach eine in-

nige Verbindung hergestellt wird. Ist dies geschehen, so funktioniert eine solche zusammengesetzte Individualität vollkommen als Einheit; alle Lebenserscheinungen verlaufen normal, auch die Fortpflanzung durch Knospen. Wächst eine solche Knospe oberhalb oder unterhalb der Naht hervor, so trägt sie einheitlichen Charakter; kommt es indessen zu Knospenbildungen an der Verwachsungsstelle selbst, so entsteht eine Hydra, die aus beiden Elementen besteht und zweifarbig bleibt (Fig. 3 c), bis durch den Ausgleich der Algenfärbung die Zusammensetzung aus zwei Stücken unkenntlich wird.

Das so entstandene Tier wäre demnach als eine Chimäre zu bezeichnen, wenn diese Bezeichnung nicht in einem Punkte der strengen Definition zuwiderläufe: es handelt sich hier nur um

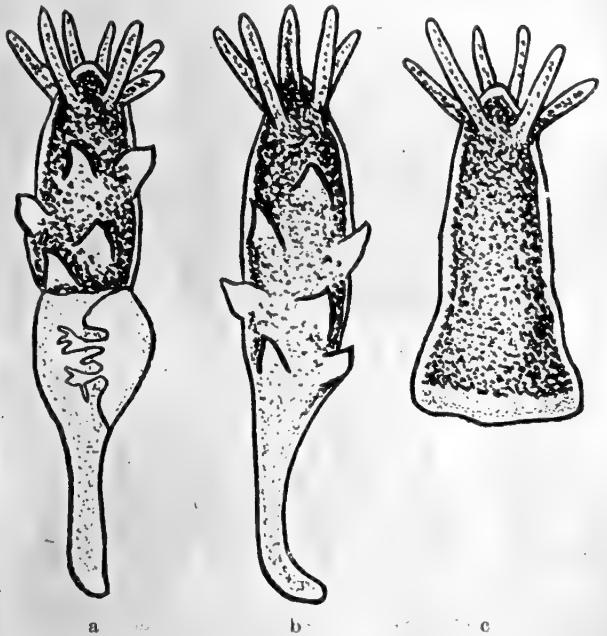


Fig. 4. Vereinigung von einem algenhaltigen, dunklen ♂ mit hellem, algenfreiem ♀ von Hydra; künstlicher Hermaphrodit. a) die einmal angelegten Geschlechtsorgane haben sich weiter entwickelt; unten rechts ein Ovar, oben 5 Hodenbläschen; b) auf den folgenden Geschlechtsperioden rein männlich mit 7 Hoden, auch an der ursprünglich weiblichen Hälfte; c) trotz achtmonatlicher Vereinigung ist doch noch ein Unterschied zwischen dem oberen, an die Algensymbiose stärker angepaßten Abschnitt und dem unteren, mehr oder weniger algenfreien Stück.

Färbungsunterschiede, nicht aber um Rasse- oder Art διαφοrenzen.

Verwendet man statt der Chlorohyden braune und grüne Exemplare der Gattung Hydra, so entsprächen derartige Knospenbildungen schon eher der Definition; denn wenn auch äußerlich die Unterschiede meiner verschiedenen Kulturen geringfügig sind, so scheint doch ihr Verhalten den Algen gegenüber auf Differenzen hinzuweisen; Differenzen, die vielleicht aber auch nur als eine stärkere oder schwächere Gewöhnung an die Symbiose aufgefaßt werden können. Als sicher ließ

⁶⁾ Nat. Wochenschr. 1922, Heft 39.

⁷⁾ Nat. Wochenschr. 1922, Heft 41; Naturwissenschaften 1922, Heft 9 u. 39.

sich jedenfalls bei den Versuchen nachweisen, daß bei Vereinigungen dieser Art manchmal die Bestandteile mittels der Algen auch dann noch deutlich gemacht werden konnten, wenn bei anderen Methoden eine vollständige Gleichheit vorhanden zu sein schien.

Vor nunmehr 1½ Jahren hatte ich beispielsweise Teile von grünen Männchen auf braune Weibchen gepfropft; diese entstammten einer Kultur, welche noch niemals symbiotische Erscheinungen zeigte. Die Anlagen der Keimdrüsen entwickelten sich nach der Verwachsung weiter, so daß zunächst künstliche Zwitter entstanden (Fig. 4a). Bei den folgenden Geschlechtsperioden gab es dann aber immer wieder *nur* ♂ oder *nur* ♀ (Fig. 4b); der eine Geschlechtscharakter wurde also zugunsten des anderen unterdrückt. Man hätte aus diesem Verhalten nun den Schluß ziehen können, daß durch die Aneinanderpfropfung der beiden Teile wirklich ein einheitliches Gebilde, eine echte Individualität zustande gekommen sei, zumal da eine Verwischung der Grenze durch ganz allmählichen Farbausgleich eingetreten war. Da infolge einer längeren Kälteperiode sämtliche Algen verlorengegangen waren, fütterte ich das eine Tier, das noch übriggeblieben war, Anfang Januar 1922 von neuem mit Algen; und nun zeigte es sich, daß nur das obere Teilstück die Symbionten aufnahm. Auch im Laufe der warmen Sommermonate, die der Algenvermehrung so günstig sind, blieb ein schmaler Streifen an der Unterseite des Tieres beinahe algenfrei, während der obere Abschnitt tiefdunkelgrün sich färbte. Es ist dies ein Zeichen dafür, daß doch noch Unterschiede in den einzelnen Teilen vorhanden sein mußten, und eine *vollkommene* Vermischung auch nach vielen Monaten nicht eingetreten war.

Die Algen erweisen sich demnach als ein sehr feines Reagens auf die Artspezifität, und diese Erfahrung verwandte ich nun auch bei anderen Versuchen, bei denen es sich um Vereinigung total art- und rassenfremder Bestandteile handelte.

Man konnte bei derartigen Versuchen nicht so vorgehen, daß extrem grüne Teile auf andersfarbige aufgepfropft wurden; auch *Spemann* und seinen Schülern gelang es nicht, Chlorohydran und braune Polypen zu vereinigen, so daß Artvereinigungen unmöglich schienen. Sogar eine Vereinigung von grünen Exemplaren der Spezies *Hydra attenuata* und braunen *H. vulgaris* gelang zunächst nicht, obwohl diese beiden Gruppen vermutlich nur als Rassen aufgefaßt werden können. Die einzelnen Bestandteile lösten sich nach einer oberflächlichen Vereinigung auf oder trennten sich wieder, wobei allerlei pathologische Veränderungen zu beobachten waren. Da diese ähnlich verliefen, wie bei einer allzu stürmischen Algeninfektion, vermutete ich, daß hier ebenfalls Schädigungen durch die ungewohnten Symbionten vorlägen und die doppelte Schädigung durch Pfropfung und Algeneintritt die ungünstigen Resul-

tate hervorrief. Ich verzichtete deshalb bei weiteren Versuchen darauf, möglichst kontrastierende Bestandteile zu vereinigen, sondern nahm Exemplare, die künstlich wieder algenfrei gemacht worden waren. Durch spätere Verfütterung von Symbionten ließen sich dann die einzelnen Bestandteile auseinanderhalten, wenn die Transplantation glückte. In der Tat gelang auch auf diese Weise die Vereinigung von Exemplaren beider Rassen. Die besten Resultate erzielte ich jedoch, wenn ich auch *H. vulgaris*, die bis dahin noch niemals Symbionten besaß, allmählich an die Algen gewöhnte und so ein gleichartigeres inneres Milieu herstellte. Eine solche Gewöhnung gelang auch wirklich nach und nach; wenn auch zunächst die Symbionten ausgestoßen wurden, so kam es doch nach mehrmaliger Verfütterung zu einer gegenseitigen Anpassung, und nach Verlauf von einigen Monaten war ein Gleichgewichtszustand hergestellt. Mit diesen algenfesten Hydran der *Vulgaris*rasse ließen sich nun ohne weiteres grüne *Attenuata*teile vereinigen, die sich nicht mehr trennten und als Einheit einbezogen wurden. Da die neuinfizierte Rasse immer nur sehr spärlich mit Algen durchsetzt war, ließen sich die einzelnen Bestandteile immer noch gut auseinanderhalten. Im weiteren Verlauf der Entwicklung machte sich bei vielen Tieren allerdings noch manchmal die Neigung geltend, an der Verwachungsstelle sich wieder zu trennen; es bildeten sich dort beispielsweise überzählige Fußscheiben oder Tentakel aus, was bei einer Konplantation näherverwandter Formen weit seltener vorkommt. Ungefähr 50 % der Tiere blieben jedoch dauernd vereinigt, und als Zeichen des Wohlbefindens ließ sich sogar geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung konstatieren. Wiederum wurden da, wo die Knospungszone mit der Verwachungsstelle zusammenfiel, *beide* Bestandteile mit in das junge Tier einbezogen (Fig. 5 links). Es entstanden so echte Sektoralchimären, da beim Aufbau der Knospe Bestandteile zweier Rassen beteiligt waren, und zwar so verschiedener Rassen, daß sie von mancher Seite sogar als echte Spezies angesprochen werden.

Diese Erfolge ermutigten nun dazu, nochmals unter Ausschaltung aller schädigenden Einflüsse (wie Algen usw.) Transplantationen mit anderen art- oder gattungsfremden Bestandteilen zu untersuchen, und wenn auch die meisten Versuche nicht von Erfolg gekrönt waren, so gelangen doch schließlich auch *solche* Vereinigungen. Unmöglich scheint auch jetzt noch die Verbindung zwischen Chlorohydran und anderen Polypen, wenigstens für die *Dauer*; für kürzere Zeit, d. h. ein paar Tage, ließen sich auch hier Verbindungen herstellen, wenn weiße Chlorohydran dazu verwandt wurden. Von Erfolg gekrönt waren nur Pfropfungen zwischen *Hydra attenuata* und gestielten *Pelmatohydran*, Formen also, die sogar verschiedenen Gattungen angehören. Die in Fig. 6—8 gezeichneten Skizzen geben Versuche

wieder, bei denen hellgrüne Hydraköpfe auf die Unterteile von gestielten *Pelmatohydran* aufgepfropft wurden.

Eine so glatte Verheilung der Wundränder ist bei diesen entfernt stehenden Tieren nicht möglich, wie denn überhaupt mindestens die Hälfte der Transplantate sofort wieder abgestoßen wird. Kommt es wirklich zur Verheilung, so bleibt zunächst immer noch ein „Taille“-Abschnitt, die Wundränder schnüren sich bei beiden Komponenten stark ein und verschmälern so an dieser Stelle den Durchmesser.

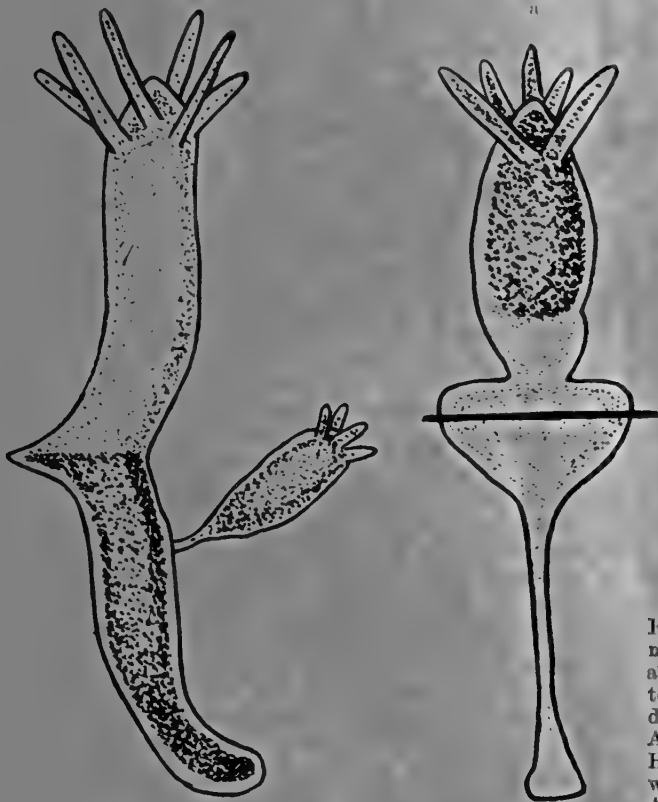


Fig. 5. Vereinigung von *Hydra vulgaris* (oben) und *Hydra attenuata* (unten). Die untere dunkle Knospé trägt reinen *Attenuata*-Charakter; die links an der Verwachsungsstelle hervorsprossende Knospé ist aus beiden Bestandteilen zusammengesetzt (= Sektoralchimäre).

Auch nach längerer Zeit kann es dadurch noch leicht zu einer Aufhebung des Zusammenseins kommen. Wachsen beide Teile so heran, daß sie genügend Material zur Selbständigkeit besitzen, so können sie sich an dieser Stelle abschnüren und die Vereinigung ist dann restlos gelöst. Um beide Bestandteile dauernd zusammenzuhalten, muß man deshalb dafür sorgen, daß immer ein gewisser Mangel herrscht, der eine Vermehrung nicht zuläßt. Dies erreichte ich bei dem Versuch der Fig. 6 dadurch, daß ich den *Pelmatohydra*-fuß an der angegebenen Stelle wegschnitt (Fig. 6a). Der Rest vereinigte sich daraufhin intensiver mit dem anderen Teilstück, das in zwischen stärker ergrünt war (Fig. 6b), und bald

machte sich das Vorhandensein dieses algenfeindlichen Materials auch auf den oberen Partien bemerkbar, die der *Hydra attenuata* angehörten. Die Algen wurden nämlich nach und nach zurückgedrängt, so daß sich zwischen den grünen Oberteil und den *Pelmatohydra*-fuß eine Zone schob, die anders aussah als jeder der ursprünglichen Teile: in der Fig. 6b ist es der Abschnitt, der zwischen dem kleinen Fuß und dem dunklen Oberteil dazwischen liegt. Diese Zone konnte sich dann noch gegen den oberen und unteren Teil besonders absetzen; ein Zeichen dafür, daß hier ein Bestand-

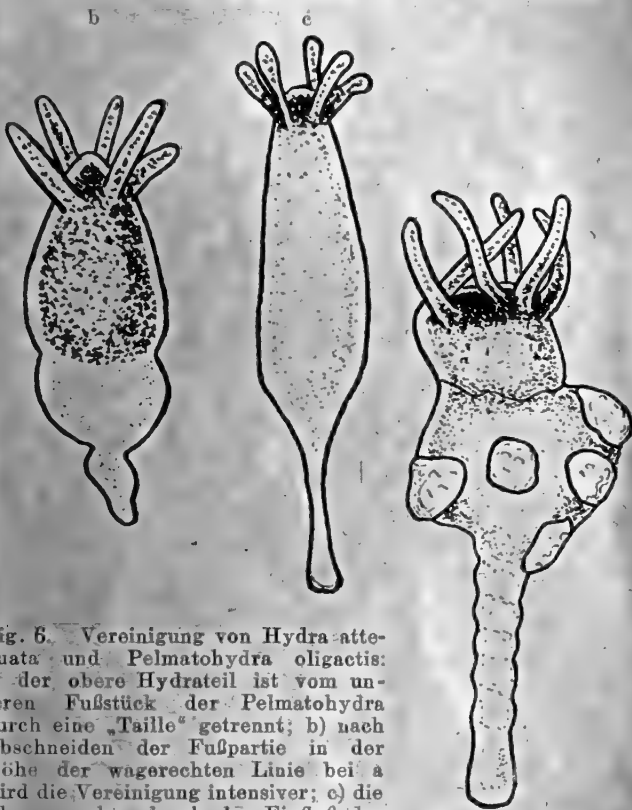


Fig. 6. Vereinigung von *Hydra attenuata* und *Pelmatohydra oligactis*: a) der obere Hyderteil ist vom unteren Fußstück der *Pelmatohydra* durch eine „Taille“ getrennt; b) nach Abschneiden der Fußpartie in der Höhe der wagerechten Linie bei a wird die Vereinigung intensiver; c) die Algen werden durch den Einfluß der

Pelmatohydra-teile immer mehr zurückgedrängt, so daß sie nach zwei Monaten nur an der Tentakelbasis sichtbar sind.

Fig. 7. Kopf von *Hydra attenuata* auf Fußpartie von

Pelmatohydra aufgepfropft, unter deren Einfluß die Algen zurückweichen. Die Hoden zeigen reinen *Pelmatohydra*-Charakter.

teil vorlag, der mit keinem der anderen vollkommen identisch war. Man könnte allerdings annehmen, daß der algenfreie Teil lediglich aus *Pelmatohydra*-Material bestände; dem stehen jedoch Beobachtungen an anderen Tieren entgegen. Bei manchen Tieren waren nämlich die einzelnen Teile nicht ganz exakt aneinandergewachsen; an den dadurch entstehenden Zacken und Spitzen ließ sich dann die ursprüngliche Grenze noch gut feststellen und dadurch nachweisen, daß wirklich eine Beeinflussung des inneren, allein mit Algen besetzten Keimblattes vorlag (Fig. 7). Am deutlichsten wurde aber der Charakter dieser Zwischenzone bei dem Versuche, welcher der Fig. 8 zugrunde lag. Auch dort bildete sich eine algen-

freie Stufe oberhalb des „Tailen“-Einschnitts, ein Zeichen für die Veränderung des algenhaltigen Bestandteils. Es konnte sich aber nur um eine Beeinflussung des Endoderms handeln; die äußere, ektodermale Schicht mußte unbedingt noch unbeeinflusst sein, denn es entstanden in ihr die für diese Form typischen Geschlechtsorgane in gleicher Weise wie in dem oberen, grünen *Attenuata*-Abschnitt. Wir haben demnach hier den Fall vor uns, daß die eine Schicht des Hydrakörpers aus anderen Bestandteilen besteht wie die andere, mithin eine Zone entstanden ist, die den Charakter einer echten Periclinalchimäre zeigt.



Fig. 8. Wie bei Fig. 6. Zwischen Hydrakopf und Pelmatohydrafuß ein heller Abschnitt, der außen Hydracharakter trägt (gekennzeichnet durch die 3-Keimdrüsen), innerlich aber von Pelmatohydra beeinflusst, wie die Zurückdrängung der Algen dartut.

Ob sich aus einer solchen Zwischenzone ein vollständiges Hydraindividuum entwickeln könnte, wenn man sie isoliert, müssen erst weitere Versuche lehren. Wir dürfen annehmen, daß dies bei geeigneter Versuchsanordnung möglich ist, zumal da *Isseyew* bei einer Zusammensetzung von *Hydra vulgaris* + *Pelmatohydra* echte Sektorialchimären erzeugt zu haben scheint, wie aus einem Brief an mich hervorgeht.

Bei den Tieren, die ich nun schon seit Monaten am Leben erhalten konnte, wurde die Zwischenzone nach und nach immer größer und die Algen immer mehr nach oben gedrängt, so daß nur die Partie um die Tentakel herum echten *Attenuata*-Charakter behielt (Fig. 6c). Das untere Teilstück repräsentierte dagegen stets einen

typischen Pelmatohydrafuß. Leider hat an der Zwischenzone noch niemals Knospenbildung eingesetzt; es liegt dies wohl daran, daß hier immer noch nicht ganz ausgeglichene Zustände herrschen, wie auch aus der Neigung zu Depressionszuständen hervorgeht. Diese Depressionen erreichten nach und nach bei allen Tieren eine solche Stärke, daß sie für manche verderblich wurden. Die, welche diese Krise überstanden, repräsentierten sich nach eingetretener Regulation ganz anders; es war jetzt eine vollkommene Mischung der Charaktere eingetreten, mithin eine *Mosaikchimäre* entstanden. Die Nesselkapseln, die bei den Polypenformen ganz verschieden gebaut sind⁸⁾, lagen in abgeschnittenen Tentakeln vollkommen gemischt nebeneinander, ein Zeichen dafür, daß eine vollkommene Durchdringung der Komponenten eingetreten war und die Gewebelemente der einen Gattung für die der anderen funktionieren konnten.

Die Knospen, die nunmehr in großer Zahl auftraten, entstanden alle nach einem gleichen, von beiden Formen abweichenden Typ; bis jetzt sind vier Serien gebildet worden, die alle dem Muttertier vollkommen gleichen und stets den gemischten Charakter aufweisen⁹⁾. Es war somit ein durchaus lebensfähiges Tier gewissermaßen konstruiert worden, ein Tier, das in der Summe seiner Eigenschaften von allen bisher bekannten abweicht und diese Eigenschaften auch in derselben Weise auf die weiteren Generationen überträgt, so daß derartige künstliche Individualitäten und ihre Nachkommen durchaus fähig sind, unter günstigen Bedingungen sich weite Gebiete in der Natur zu erobern. —

Für unsere Betrachtungen hier können wir aus den angegebenen Untersuchungen und Beobachtungen den Schluß ziehen, daß nicht nur Angehörige derselben Art und Rasse, sondern sogar verschiedener Familien und Gattungen unter gewissen Umständen sich dauernd vereinigen lassen, und mithin auf experimentelle Weise Individualitäten aus verschiedenen Elementen künstlich hergestellt werden können.

Bei Vereinigungen verschiedener Individualitäten zu einer neuen lassen sich jedoch Unterschiede gradueller Art feststellen, die auf die Beurteilung der ganzen Individualitätsfrage ein gewisses Licht werfen.

Wir sehen, daß bei Aufpfropfung ungleichartiger Bestandteile bei den einzelnen Abschnitten immer die Neigung besteht, wieder voneinander zu gehen. Je entfernter die Verwandtschaft, desto größer die Selbständigkeit der Transplantate. Bei den gattungsfremden Hydrateilen verhindert häufig nur der Materialmangel eine Regeneration und damit die beginnende Emanzi-

⁸⁾ Vgl. P. Schulze, Bestimmungstabelle der deutschen Süßwasserhydrozoen. Zool. Anz. 1922, Heft 1/2.

⁹⁾ Genauer beschrieben in Zool. Anzeiger 1923 (Chimärenbildung bei Cölenteraten).

pation voneinander sowie der Verschluß der Wunde, die nur dann als Entwicklungsreiz wirkt, wenn sie offen bleibt¹⁰⁾. Bei der Vereinigung von art- und rasseähnlichen Exemplaren kommt es zu einer weit innigeren Verschmelzung, ohne daß eine künstliche Beeinflussung nötig wäre. Nur müßten die einzelnen Teile erst aneinander gewöhnt sein und für beide ein ähnliches inneres Milieu hergestellt werden¹¹⁾.

Artgleiche Exemplare haben in den meisten Fällen diese Gewöhnung nicht nötig; bei Hydren derselben Spezies oder Rasse lassen sich ohne weiteres die einzelnen Teile vertauschen. Allerdings macht auch da das Vorhandensein oder Fehlen der Symbionten einen Unterschied; die Gewöhnung an die Algen bedingt ein besonderes inneres Milieu, dem sich die algenlosen Bestandteile in ähnlicher Weise erst adaptieren müssen wie einem artfremden Transplantat.

Ähnlich wie die Hydren verhalten sich auch manche Würmer und andere niedere Tiere. Je höher wir jedoch in der Stufenleiter der Entwicklung hinaufsteigen, desto mehr nimmt die Differenzierung und Spezialisierung zu; die einzelnen Teile, die einen solchen Organismus bilden, sind dann nicht mehr eine lose Vereinigung ähnlich gebauter Zellen, sondern Elemente, die auf ganz spezielle Funktionen eingestellt sind und sich so aneinander angepaßt haben, daß ein Ersatz durch andere nicht so ohne weiteres möglich ist. Es lassen sich zwar auch dort noch Transplantationen ausführen und Teile, die verlorengegangen sind, unter bestimmten Umständen von einem anderen Individuum einfügen; Hautpartien beispielsweise sowie Blut und oftmals sogar ganze Organe.

Bei Wirbeltieren und anderen auf ähnlicher Stufe stehenden Lebewesen ist dies aber nur unter gewissen ganz bestimmten Voraussetzungen möglich: Vereinigungen lassen sich nur auf frühesten Jugendstadien ausführen, wie z. B. bei Froschlarven oder Insektenspuppen, die ebenfalls embryonales Gewebe besitzen, oder aber zwischen ganz nahe verwandten Individuen, die bei Säugetieren sogar in richtiger Blutsverwandtschaft stehen müssen.

Es liegt dies einmal daran, daß jeder höhere Organismus entstanden ist aus Ei und Sperma, von seinen beiden Eltern also eine Erbmasse mitbekommen hat, die eine ganz bestimmte Summe von Eigenschaften repräsentiert. Diese Eigenschaften kommen in derselben Kombination nicht so leicht zweimal vor, da es sich natürlich um eine ungeheure Anzahl handelt; wir sehen daher auch, daß niemals ein Mensch dem anderen völlig ähnlich ist. Nur bei den sog. eineiigen Zwillingen

gen ist die Ähnlichkeit so groß, daß sie leicht miteinander verwechselt werden können. Das kommt daher, daß hier das Ei sich nachträglich noch *geteilt* hat, und daher aus Material, welches eigentlich ein Individuum liefern sollte, *zwei* geworden sind. Beide haben daher dieselben Erbschaften; und so kommt es auch, daß bei solchen Zwillingen Transplantationen am leichtesten auszuführen sind.

Zweitens aber wirken auf jeden Organismus im Laufe seines Lebens noch die äußeren Bedingungen ein, so daß jeder sich etwas anders entwickeln muß als der andere. So wird nach und nach ein eigenes ganz spezifisches inneres Milieu hergestellt, das sich von allen anderen irgendwie unterscheidet, wenn auch nur in minimalen Beschaffenheiten. Bei der ungeheuren Differenziertheit des Lebensmechanismus ist es dann verständlich, daß wohl in der Jugend auf einem primitiveren Stadium noch Teile eingefügt werden können, später jedoch nicht mehr. Dann ist jedes Teilchen schon so spezialisiert und auf jedes andere Teilchen so eingestellt, daß der Verlust oder die Störung des einen immer mehr den Stillstand des Ganzen nach sich zieht.

Bei einer Individualität *idealster* Form müßte demnach das Eingestelltsein der Abschnitte aufeinander und die Besonderheit der durch Vererbung und Entwicklung entstandenen Teile so einzigartig sein, daß ein Organ nur im vollkommenen Zusammenhang mit allen anderen arbeiten könnte und die Wegnahme auch minimaler Stücke oder ihr Ersatz unmöglich wäre. Eine solche ideale Individualität kommt indessen niemals vor, auch beim Menschen nicht, da ihm manche Einzelteile abgenommen und ersetzt werden können. Es liegt dies daran, daß auch bei ihm die einzelnen Organe bis zu einem gewissen Grade selbständig sind und gegeneinander arbeiten können, wenn es auch im allgemeinen nicht so in Erscheinung tritt. Kommt es doch sogar bei der Funktion des Nervensystems manchmal zu solchen Störungen, daß man von Bewußtseins*spaltungen* spricht!

Wir können daher unsere Ausführungen über zusammengesetzte Individualitäten dahin zusammenfassen, daß die Entwicklungsreihe tierischer Organismen wohl in aufsteigender Richtung eine zunehmende Differenzierung und Spezialisierung aufweist und damit eine immer größere Anpassung an ein inneres und äußeres Milieu zustande kommt, wodurch gegen eine Vermischung außerhalb des Geschlechtsaktes immer stärkere Schutzwälle aufgerichtet werden, kurzum, daß das, was wir als *Individualisierung* bezeichnen können, von Gattung zu Art, von Art zu Rasse, von Rasse zu blutsverwandter Sippe und von da zum Einzelexemplar zunimmt. Daß aber auch auf der höchsten Stufe dieses Fortschritts die Individualitätsform immer noch nichts Absolutes, Einheitliches darstellt, sondern ihr stets etwas Zusammengesetztes und damit mehr oder weniger Relatives anhaftet.

¹⁰⁾ Diese früher schon ausgesprochene Ansicht (W. Goetsch, Regeneration und Transplantation bei Planarien, Arch. f. Entw.-Mech. 1921) vertrat auch Bier auf der diesjährigen Naturforscherversammlung in Leipzig und begründete damit neue Heilungsmethoden.

¹¹⁾ Vgl. auch die Versuche von Rh. Erdmann über Explantation u. Verwandtschaft (Arch. f. Entw.-Mech. 1922/23). Vorl. Mitteil. in d. Verhandl. d. Deutschen Zool. Gesellschaft, Würzburg 1922.

Besprechungen.

Foote, P. D., und F. L. Mohler, The Origin of Spectra. New York, The Chemical Catalog Comp., 1922. 250 S. 15 × 23 cm. Preis \$ 4.5.

Die Verfasser des Buches, mit dem wir die Leser dieser Zeitschrift bekannt machen wollen, sind Physiker am Bureau of Standards in Washington. Sie und verschiedene ihrer Kollegen und Mitarbeiter, von denen in erster Linie W. F. Meggers zu nennen ist, sind auch in Deutschland bekannt geworden durch ihre interessanten und bedeutsamen spektroskopischen Arbeiten. Foote und Mohler haben sich besonders beschäftigt mit dem Problem der Anregung der Spektren durch Elektronenstoß und haben unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete, das durch die grundlegenden Arbeiten von J. Franck und G. Hertz erschlossen wurde, durch zahlreiche experimentelle Arbeiten wesentlich erweitert und vervollständigt. Ein großer Teil der bisher bekannten Werte der Anregungs- und Ionisierungsspannungen entsammt den Messungen von Foote und Mohler.

Die Experimente, um die es sich dabei handelt, stehen nun bekanntlich im engsten Zusammenhange mit der modernen Atomtheorie, sie illustrieren auf das sinnfälligste die quantenhafte Übertragung von Energie auf Atome. Die atomtheoretische Deutung der Elektronenstoßversuche bedeutet eine der wichtigsten Bestätigungen für die Richtigkeit der Bohrschen Atommodelle. Es ist deshalb selbstverständlich, daß auch Foote und Mohler sich mit dieser neuesten Entwicklung der Atomistik eingehend beschäftigt haben, und es lag also für sie nahe, in einem Buche eine zusammenfassende Darstellung der Resultate ihrer Experimentalarbeiten im Zusammenhange mit der Bohrschen Atomtheorie zu geben. Wir möchten vermuten, daß diese Idee den Verfassern den ersten Anstoß zur Abfassung des vorliegenden Buches gegeben hat. Da aber das spezielle Gebiet des Elektronenstoßes aufs engste verknüpft ist mit allen anderen spektroskopischen Problemen, so haben sich die Verfasser, zumal da in der amerikanischen Literatur ein derartiges Buch bisher nicht existierte, veranlaßt gesehen, ihr Ziel weiter zu stecken und ein Buch zu schreiben, in dem das gesamte Gebiet der Spektren — einige Teilgebiete (Zeemaneffekt, Starkereffekt, Bandenspektren) ausgenommen — im Zusammenhange mit der Bohrschen Theorie so ausführlich behandelt wird, wie dies auf 250 Druckseiten möglich ist. Bei dieser Wahl des Gegenstandes hat das Buch natürlich eine gewisse Ähnlichkeit mit dem bekannten deutschen Buche von Sommerfeld: *Atombau und Spektrallinien*. Es erhebt aber nicht wie dieses den Anspruch, eine vollständige Einführung in die Atomtheorie zu geben, sondern faßt den Gegenstand, wie die Verfasser in der Einleitung selbst sagen, von der experimentellen Seite an. Die theoretischen Dinge werden nur soweit gebracht, wie sie unumgänglich nötig sind, um die experimentellen Ergebnisse vom Standpunkte der Bohrschen Atomtheorie deuten zu können, den Hauptzweck ihres Buches sehen die Verfasser aber darin, die experimentellen Tatsachen möglichst vollständig und zusammenhängend darzustellen und das Tatsachenmaterial durch zahlreiche Tabellen, Diagramme und ganz ausgezeichnete Reproduktionen von Spektrogrammen zu belegen. So bleibt dem Buche, obwohl es in seinen theoretischen Teilen den Einfluß des Sommerfeldschen Buches nicht verleugnen kann und auch wohl nicht will, doch eine starke Originalität gewahrt. Auch der deutsche Leser,

dem das Sommerfeldsche Buch gut bekannt ist, wird in dem vorliegenden Werke neues und interessantes Material finden, zumal da die amerikanischen Arbeiten auf dem in Frage kommenden Gebiete sehr ausführlich wiedergegeben sind, ohne daß dabei etwa die Literatur anderer Länder vernachlässigt würde. Die deutschen Arbeiten sind sogar sehr vollständig zitiert. Für den deutschen Leser ist es ja aber gerade sehr willkommen, die teilweise schwer zugängliche amerikanische Literatur so kennen zu lernen.

Den leitenden Gesichtspunkt für die Einteilung des Stoffes geben den Verfassern die verschiedenen experimentellen Methoden zur Erzeugung der Spektren. Das Buch zerfällt in 11 Kapitel, dem noch zwei zur Ergänzung hinzugefügt sind. Nachdem im ersten Kapitel die kurze Einführung in die Bohrsche Atomtheorie gegeben ist, wird im zweiten Kapitel gezeigt, wie man die Seriengesetze der Linienspektren durch Energiediagramme graphisch sehr anschaulich darstellen kann. Das dritte Kapitel ist den Resonanz- und Ionisierungsspannungen, also dem speziellen Arbeitsgebiet der Verfasser, gewidmet und enthält eine sehr vollständige Darstellung der Ergebnisse sämtlicher bisher vorliegenden Messungen und deren Deutung im Zusammenhange mit den Serienspektren. Man vermißt hier etwas ein näheres Eingehen auf die experimentellen Anordnungen, mit denen diese Resultate erzielt sind, wie es überhaupt im Charakter des Buches liegt, die Ergebnisse der Experimentaluntersuchungen ausführlich zu bringen, die Methoden aber nur kurz zu beschreiben. Das vierte Kapitel behandelt die Absorptionsspektren und die damit zusammenhängende Erscheinung der Resonanzfluoreszenz. Auch die Verbreiterung der Linien und die Lebensdauer angeregter Atome werden hier behandelt. Das fünfte Kapitel ist den Emissionsspektren gewidmet. Hier wird neben anderem die Anregung der Emissionsspektren durch Elektronenstoß sehr ausführlich behandelt, und es wird gezeigt, wie man bei wachsender beschleunigender Spannung der Elektronen zunächst ein Einlinienspektrum, dann ein Mehrlinienspektrum, dann das ganze Bogenspektrum und schließlich auch das Funkenspektrum erhält. Anschließend enthält das sechste Kapitel Ansätze zu einer theoretischen Erfassung des Problems der Mehrfachstöße, die zur Erklärung der Niederspannungslichtbögen herangezogen werden müssen. In dem siebenten Kapitel, das die thermische Anregung der Spektren behandelt, finden wir zunächst eine kurze Darstellung der Salhaschen Theorie der thermischen Ionisation und dann deren Anwendung auf die Deutung der Flammenspektren, Ofenspektren, Sonnen- und Sternspektren. Als Ergänzung zu dem Kapitel über die Ionisierungsspannungen werden im achten Kapitel die experimentelle Bestimmung der Elektronenaffinität sowie deren Berechnung aus thermochemischen Daten und die Ionisierungsspannungen einiger dampfförmiger Verbindungen gebracht. Das neunte Kapitel enthält eine kurze Darstellung der Röntgenspektren. Besonders die Zusammenstellung der auf lichtelektrischem Wege bestimmten *L*- und *M*-Grenzen der Atome mit niedriger Atomnummer verdient hier Beachtung. Nach einem zehnten Kapitel über den lichtelektrischen Effekt in Dämpfen folgt im elften Kapitel eine kurze Zusammenstellung der möglichen Bestimmungen der Planckschen Konstante *h* aus spektroskopischen Daten. Der Anhang enthält zunächst einige Daten und Tabellen und dann eine kurze Darstellung der bei Fertigstellung des Buches eben erschienenen Bohrschen Arbeit über den Zusammenhang zwischen Atombau und perio-

dischem System. Es ist zu bedauern, daß die Kenntnis dieser neuen Tatsachen für die Verfasser zu spät gekommen ist, um noch im Text selbst mit verarbeitet werden zu können. Aber auch sonst könnten manche der Ideen, die in *Bohrs* Originalarbeiten enthalten sind, noch nachhaltiger zur Deutung der spektroskopischen Tatsachen verwertet werden. So z. B. wird das Korrespondenzprinzip *Bohrs* nur ganz kurz erwähnt. Aber wie gesagt, der Hauptwert des Buches liegt in der sehr vollständigen Wiedergabe des Beobachtungsmaterials und nicht in der theoretischen Durchdringung der Probleme. Zum Schluß möchten wir nochmals auf die zahlreichen sehr schönen Reproduktionen von Spektrogrammen hinweisen, wie denn überhaupt die Ausstattung des Buches, wie bei einem amerikanischen nicht anders zu erwarten, eine ganz ausgezeichnete ist. Wenn wir soviel Lobenswertes über das vorliegende Buch sagen konnten, so dürfen wir trotzdem den deutschen Lesern nur mit Vorsicht die Anschaffung desselben empfehlen, denn es kostet leider $4\frac{1}{2}$ Dollar!

W. Grotrian, Berlin-Potsdam.

Millikan, R. A., Das Elektron. Seine Isolierung und Messung, Bestimmung einiger seiner Eigenschaften. Übersetzt von Prof. Dr. Karl Stöckel. Band 69 der Sammlung „Die Wissenschaft“. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. X, 263 S.

Die bei Vieweg erscheinende Serie von wissenschaftlichen Einzelarstellungen „Die Wissenschaft“ verfolgt im Gegensatz zu der vom gleichen Verlag herausgegebenen „Sammlung Vieweg“ den Zweck, solche Gebiete der exakten Naturwissenschaft, die bereits in gewissem Sinn als abgeschlossen betrachtet werden können, in monographischer Form zusammenzufassen. In dieses sozusagen klassische Stadium ist heute bereits trotz ihres relativ geringen Alters die Lehre vom Elektron eingetreten, und unter den Forschern, die zu dieser Vollendung der Theorie am meisten durch ihre Untersuchungen beigetragen haben, gehört mit an erster Stelle sicher *R. A. Millikan*. So ist es dem Verlag sehr zu danken, daß er in die genannte Sammlung eine Übersetzung des in Amerika schon 1917 erschienenen, jetzt mit mehreren Ergänzungen versehenen hier vorliegenden Buches aufgenommen und so auch den deutschen Lesern zugänglich gemacht hat.

Im Mittelpunkt der Darstellung stehen, wie nicht anders zu erwarten, die heute schon klassischen Versuche *Millikans* über die Isolierung und Messung des elektrischen Elementarquantums, mit ausführlicher Schilderung der Apparatur, Mitteilung vollständiger Versuchsreihen und Diskussion aller möglichen Fehlerquellen und nötigen Korrekturen; hierher gehörige Einzelheiten werden dann auch noch in einem besonderen Kapitel behandelt, das sich mit der Frage nach der Existenz von Subelektronen beschäftigt und, ob schon dem Autor die inzwischen bekannt gewordenen neueren Ergebnisse noch nicht zur Verfügung standen, doch wohl mit Recht mit dem recht vorsichtig gefaßten Satze schließt: Bis zur Stunde gibt es also keinen Beweis für das Vorhandensein eines Subelektrons. Zwischen diese Betrachtungen eingeschoben ist ein Kapitel über den Mechanismus der Ionisierung von Gasen, soweit man hierin nach der „Tröpfchenmethode“ Einblick gewinnen kann, und über die e -Bestimmungen aus der Brownschen Molekularbewegung.

Sehr reizvoll ist die in den drei Einleitungskapiteln gegebene historische Einführung, beginnend mit der atomistischen Theorie der Materie, dann über die ersten Anfänge der Hypothesen von der Struktur der Elektrizität bis zu den älteren Versuchen der Thomson-

sehen Schule zur direkten Messung des elektrischen Elementarquantums. *Millikan* führt hier im allgemeinen wörtlich und in Anführungsstrichen die wichtigsten Sätze der betreffenden Forscher an; er sucht dabei augenscheinlich jede Parteinahme zu vermeiden und zitiert *Aepinus*, *Wilhelm Weber* oder *Helmholtz* so vollständig wie *Franklin*, *Faraday* und *Maxwell*. Wenn es dem deutschen Leser auffallen wird, daß *Clausius'* Verdienst um die Begründung der kinetischen Theorie gegenüber dem von *Linde* und *Maxwell* etwas zurückgesetzt wird, daß der Name *Loschmidt* oder in der Geschichte der Erkenntnis vom Wesen der Elektrizität zwischen *Gilbert* und *Du Fay* der Name *Otto v. Guericke* ganz fehlt, so muß doch wohl zugegeben werden, daß es auf der anderen Seite in Deutschland nur ganz wenige geben dürfte, die wissen, daß *Stoney* nicht nur die Bezeichnung „Elektron“ eingeführt, sondern schon 1874 die ungefähre Größe der elektrischen Elementarladung berechnet zu etwa $3 \cdot 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten und somit eine der systematischen Grundeinheiten der Natur erkannt hat. An *Departions* können sich man für immer wieder wie fast unmöglich jede vollkommen objektive, von schiefmässigen Traditionen unabhängige historische Darstellung ist.

Bedenklicher werden solche Einseitigkeiten schon da, wo es sich um die neueste Entwicklung der Forschung und ihren augenblicklichen Stand handelt. Wenn z. B. bei der Berechnung der Anzahl der Elektronen im Atom nicht *Lenard* genannt wird, der als erster diese Größe aus seinen Versuchen richtig abschätzte, wenn bei der Besprechung der Ionenbeweglichkeit in Gasen, abgesehen von einer älteren und relativ unwichtigen Arbeit der Name *Franck* überhaupt nicht vorkommt, wenn nicht die Messungen von *E. Ladenburg* und ihre Deutung durch *Joffe* als erste grundlegende Prüfung des Einsteinschen lichtelektrischen Gesetzes erwähnt werden, sondern hier und in zahlreichen anderen Fällen immer nur von englischen und amerikanischen Namen, in erster Linie von den im Rydsonlaboratorium ausgeführten Untersuchungen die Rede ist: dann bekommt der nicht bereits in diesen Fragen bewanderte Leser leicht ein unrichtiges Bild von dem wahren Verdienst der einzelnen Forscher. In dieselbe Kategorie allzuweit getriebener Einseitigkeit gehört es doch wohl auch, wenn *Einsteins* Lichtquantentheorie lediglich als ein „Ausbau“ oder „eine besondere Abart“ der Thomsonschen Ätherfadentheorie bezeichnet wird, wobei auch betont werden muß, daß der Abschnitt, in dem sich *Millikan* mit den Schwierigkeiten dieser theoretischen Fragen abzufinden sucht, entschieden den schwächsten Teil des ganzen Buches ausmacht. Die hiermit zusammenhängenden Gegenstände werden in den beiden Schlußkapiteln behandelt, welche die Überschriften: „Der Aufbau der Atome“ und „Die Natur der strahlenden Energie“ tragen und die in gedrängter Form eine Übersicht über die Atomtheorie von der ersten Schätzung der molekularen Dimensionen bis zum Bohrschen Modell und über die Quantentheorie bringen.

Einige der oben erwähnten Einseitigkeiten sind erfreulicherweise in der deutschen Ausgabe durch Anmerkungen ausgeglichen worden; auch sonst ist die Arbeit des Übersetzers durchaus anzuerkennen, das Buch ist flüssig und angenehm zu lesen, vereinzelte Anglizismen wie z. B. die Kapitelüberschrift „Schwierigkeiten gegen die Wellentheorie“ fallen kaum ins Gewicht. Schließlich hat der Herausgeber in einem Nachtrag die neuesten Millikanschen Arbeiten

über Ionisierung von Gasen durch α -Strahlen und über die kurzwelligen Spektren der leichten Elemente in kurzen Auszügen mitgeteilt und hierdurch noch einmal unterstrichen, daß in dem Buch es sich mehr um eine zusammenfassende Darstellung der Arbeiten *Millikans* und seiner Schüler in einem größeren historischen Rahmen als um eine erschöpfende Abhandlung über das ganze Gebiet handelt. Betrachtet man es unter diesem Gesichtspunkt, so ist das in seinen Hauptteilen durchweg gemeinverständlich gehaltene Buch jedem physikalisch Interessierten sehr zu empfehlen.

Peter Pringsheim, Berlin.

Bohr, Niels, The theory of spectra and atomic constitution. Three essays. Cambridge, University Press 1922. X, 126 S.

Da diese drei Aufsätze von *Bohr* gleichzeitig auch in deutscher Sprache als Heft 56 der Sammlung Vieweg erschienen sind, kommt die hier vorliegende englische Übersetzung für den deutschen Leser wohl kaum in Betracht. Auf den Inhalt der Aufsätze einzugehen, erübrigt sich, da sie in dieser Zeitschrift (10, 844, 1922) bereits gelegentlich der deutschen Ausgabe von *J. Franck* ausführlich besprochen und gewürdigt worden sind.

Peter Pringsheim, Berlin.

Planck, Max, Physikalische Rundblicke. Leipzig, S. Hirzel, 1922. 168 S., 16½ × 22 cm.

Eine Anzahl von Reden und Aufsätzen, die aus den Jahren 1908–1920 stammen und sich zumeist an einen weiteren Kreis als den der Physiker richten, liegen nunmehr unter dem Titel: „Physikalische Rundblicke“ zu einem Bande gesammelt vor. Allen jenen, die den Fragen der modernen Physik näherstehen, wird das hier Vereinigte zumeist schon aus Einzelveröffentlichungen bekannt sein. Aber es bietet dem Leser dieses kleinen Buches eine neue und wunderbare Anregung, in den einzelnen, zu den verschiedensten Anlässen geschriebenen Kapiteln ihren inneren Zusammenhang, die Einheit der Gedankengänge zu verfolgen. Mancher wird es dankbar empfinden, daß er von der Erörterung prinzipieller physikalischer Fragen bis zur Darlegung von *Plancks* eigenen Ideen geführt, Weltanschauung, Persönlichkeit und Werk dieses bahnbrechenden Geistes hier überschauen darf.

Die Reihe der abgedruckten Vorträge eröffnet die Leidener Rede: „Die Einheit des Physikalischen Weltbildes“, die, im Gegensatz zu *Ernst Machs* Positivismus, als Ziel exakter Naturwissenschaft „die vollständige Lösung des physikalischen Weltbildes von der Individualität des bildenden Geistes“ fordert. Den gleichen Gedanken mag man aus dem folgenden Vortrag über: „Die Stellung der neueren Physik zur mechanischen Naturanschauung“ herauslesen, der, zwei Jahre später (1910) auf dem Königsberger Naturforschertag gehalten, in der Darlegung des Relativitätsprinzips gipfelt. In der Rektoratsrede (1913) „Neue Bahnen der physikalischen Erkenntnis“ wird zunächst die Unhaltbarkeit dreier klassischen Dogmen dargetan: der Unveränderlichkeit der chemischen Atome, der gegenseitigen Unabhängigkeit der Raum- und Zeitgrößen, der Stetigkeit aller dynamischen Wirkungen. Hier klingt, in der Erörterung über die Quantenhypothese, ein Grundmotiv von *Plancks* Denk- und Forschungsweise wieder: „Auch in der Physik gilt der Satz, daß man nicht selig wird ohne den Glauben, zumindest den Glauben an eine gewisse Realität außer uns.“ Diese Worte charakterisieren die ganze, zum großen Teil durch die Idee des Planckschen Wirkungsquantums ins Leben gerufene spekulative Richtung der

modernen theoretischen Physik, bis zu den jüngsten Errungenschaften der Bohrschen Atomtheorie. Der Vortrag „Dynamische und statistische Gesetzmäßigkeit“ behandelt das Verhältnis von Kausalität und Zufall, zwei folgende Artikel, Abdrücke aus der „Kultur der Gegenwart“, haben „das Prinzip der kleinsten Wirkung“ und „das Verhältnis der Theorien zueinander“ zum Gegenstande. Der den Lesern dieser Zeitschrift bekannte Vortrag: „Das Wesen des Lichtes“ (vgl. Die Naturw. 7, 903/9, 1919) beleuchtet hauptsächlich das Dilemma: „Undulations- oder Emanationstheorie“, in dem sich die Optik gegenwärtig befindet. Der letzte Abschnitt des Buches enthält den Nobelvortrag (1920): „Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie“. Die Wege und Überlegungen, die zur Strahlungsformel geführt haben, werden aufgezeigt, die weiteren Erfolge der Quantentheorie, die Probleme, die sie zur Sprache bringt, dargelegt.

Jeder Versuch, den Inhalt des Buches erschöpfender zu referieren, wäre unzulänglich, jeder Ausdruck der Wertung unangemessen. Um in der einfachsten Formulierung den Eindruck, mit dem wir das Werk aus der Hand legen, zu schildern, mag es genügen, die Schlußworte anzuführen, mit denen *Planck* selbst implizite die Tragweite seiner Ideen kennzeichnen muß: „Das Problem des Wirkungsquantums wird nicht aufhören, die Forschung immer von neuem anzuregen und zu befruchten, und je größere Schwierigkeiten sich seiner Lösung entgegenstellen, um so bedeutsamer wird sie sich schließlich erweisen für die Ausbreitung und Vertiefung unserer gesamten physikalischen Erkenntnis.“

G. Laski, Berlin.

Ephraim, Fritz, Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch zum Weiterstudium und Handgebrauch. Zweite und dritte verbesserte Auflage. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1923. VIII, 742 S., 55 Abbildungen und 3 Tafeln. 16 × 24 cm.

Die Tatsache, daß von diesem Werk, welches in dieser Zeitschrift (11, 76; 1923) vor kurzem — leider stark verspätet — angezeigt wurde, bereits nach etwa ¼ Jahren eine zweite Doppelaufgabe erschienen ist, bedeutet einen starken Erfolg. Der Umfang des Buches ist gegenüber dem der ersten Auflage um etwa 15 Seiten gewachsen, indem mancherlei Ergänzungen aus der neuesten Literatur aufgenommen worden sind. Auch sonst hat der Verfasser Einzelheiten verbessert, das Sachregister vergrößert und Zeichnungen abgeändert. — Es ist besonders erfreulich, feststellen zu können, daß dieser buchhändlerische Erfolg auch ein wohlverdienter ist, wenn man die übereinstimmend günstige Beurteilung aller Besprechungen in den Zeitschriften als Maßstab gelten läßt. — Außer *K. A. Hofmanns* Lehrbuch hat in den letzten Jahren kaum ein anderes Werk sich so schnell durchgesetzt wie das Ephraimsche, und da ist es nicht ohne Wert, festzustellen, daß sowohl *Hofmann* wie *Ephraim* den Standpunkt des gemäßigten Fortschrittes einnehmen; beide halten sich vom Konservatismus ebenso fern wie vom Modernismus; beide räumen der Empirie einen sehr breiten Raum ein, ohne deshalb die Theorie zu verachten. Der Erfolg dieser Einstellung sollte den Extremen von beiden Flügeln zu denken geben.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Chemiker-Kalender 1923. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. Begründet von *R. Biedermann*. Neubearbeitet von *W. Roth* (Braunschweig). 44. Jahr-

gang. Zwei Bände. Berlin, Julius Springer, 1923. Schreibkalender, XIII, 528 S. — XII, 655 S. Geb. Grundzahl 9.

Der erste Band dieses weitverbreiteten Kalenders hat gegen den des Vorjahres (siehe Naturwissenschaften 10, 329) nur geringfügige Veränderungen erfahren. Neu aufgenommen wurde eine Tabelle über die Eigenschaften der wichtigsten Lösungsmittel von Dr. Wolff. Im zweiten Bande ist die Tabelle der Schmelzpunkte von Metallen und Legierungen (S. 115/116) durch einen kurzen Abschnitt „Grundbegriffe der Metallographie“ ersetzt. Die bereits im vergangenen Jahre hervorgerufenen „Chemisch-Technischen Untersuchungen“ von Dr. Rüsberg sind erheblich erweitert, indem Abschnitte über das Abmessen von festen Stoffen, Flüssigkeiten und Gasen, über technische Temperaturmessungen, Probenahme sowie über die Untersuchung von Kohle und Treibmitteln neu eingefügt wurden. — Leider geht die vor vier Jahren vom neuen Herausgeber in Aussicht gestellte gründliche Umarbeitung nur mit recht kleinen Schritten vorwärts. — Besonders hervorzuheben ist die dauerhafte äußere Ausstattung.

L. Koppel, Berlin-Pankow.

Schäfer, Clemens, Einführung in die Maxwell'sche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. 2. Auflage. (Sammlung math. phys. Lehrbücher Nr. 3.) Leipzig-Berlin, B. G. Teubner, 1922. VI, 174 S. und 33 Abbildungen. 13 × 20 cm.

Das im Gegensatz zu der Planckschen Einführung auf ganz induktiver Basis aufgebaute Werkchen erscheint jetzt in 2. Auflage (1. Auflage 1908). An dem ursprünglichen Charakter ist nichts geändert; die mathematischen Voraussetzungen sind möglichst gering, die Darstellung folgt vielfach der historischen Entwicklung. Formal kommt in der neuen Auflage die Vektordarstellung neben der Komponentendarstellung zu ihrem Recht; sachlich hinzugefügt sind genauere Betrachtungen über die ponderomotorischen Kräfte im elektromagnetischen Feld; ferner die Hertz'sche Dipollösung der Maxwell'schen Feldgleichungen.

W. Schottky, Rostock.

Zuschriften

und vorläufige Mitteilungen.

Über die Lokalisation von Schallquellen.

In dieser Zeitschrift (10. Jahrgang, Heft 5, S. 107, 1922) ist unter dem gleichen Titel von H. Hecht (Kiel) eine Darstellung über das Problem der Schalllokalisation erschienen, in welcher der Verfasser die bestehenden Theorien (Intensität, Zeit, Phase) als bekannt voraussetzt und insofern einen vermittelnden Standpunkt einnimmt, als er jeder dieser Theorien unter bestimmten Bedingungen eine Berechtigung zukommen läßt. Nach seiner Ansicht beruht die Lokalisation hoher Töne auf der Auswertung der Erregungsdifferenz in beiden Ohren, und zwar deshalb, weil der Kopf bei diesen kleinen Wellenlängen einen Schallschatten bildet, so daß die beiden Ohren von ungleichen Schallintensitäten getroffen werden. Da für tiefe Töne, also solche mit großer Wellenlänge, nach seiner Ansicht dieser Schallschatten nicht besteht, demnach für beide Ohren auch keine Intensitätsunterschiede angenommen werden können, wohl aber Unterschiede in der Zeit des Eintreffens der Schallwellen in beiden Ohren, so bekennet er sich hier als Anhänger der Zeittheorie. Diese gilt jedoch nach ihm nur für kurzdauernde Geräusche (Knall), bei stationärem Schallfeld mit großer Wellenlänge „tritt bis zu einem gewissen Grade an Stelle dieses Zeitunterschiedes der

Phasenunterschied beider Erregungen“. Nach der Ansicht von Hecht würden Mensch und Tier Schall hoher Frequenz (gleichgültig ob stationär oder kurzdauernd) infolge der Intensitätsdifferenz in beiden Ohren, Schall tiefer Frequenz bei kurzer Dauer durch die Zeit, bei langer Dauer durch die Phasendifferenz lokalisieren.

Da wir unseren Standpunkt bezüglich der uneingeschränkten Gültigkeit der Intensitätstheorie schon mehrfach zum Ausdruck gebracht haben, so halten wir uns für berechtigt, auf eine Kritik einzugehen, und zwar zunächst auf eine solche der für die Zeittheorie notwendigen Voraussetzungen. Vorher aber möchten wir noch die Frage erörtern, ob der von Hecht angenommene verschiedene Mechanismus für die Lokalisation hoher oder tiefer Töne in seiner Abhängigkeit vom Kopfschatten einer experimentellen Prüfung standhält.

Ein einfacher Stimmgabelversuch reicht hin, zu zeigen, daß der Kopfschatten in der gleichen Weise wie bei hohen auch bei tiefen Tönen eine Rolle spielt. Bringt man eine Stimmgabel von 100 Schwingungen in der Sekunde (also Wellenlänge = $\frac{330}{100}$ m) durch starken An-

schlag in einer Entfernung von 10 bis 15 cm vor einem Ohr zum Tönen, so lokalisiert man den Ton nach dieser Seite. Wird das Ohr verschlossen, so hört man je nach der Stärke des Verschlusses den Ton abgeschwächt in diesem Ohr oder er wird überhaupt nicht mehr gehört. Niemals aber wird der Ton nach der anderen Seite lokalisiert. Daraus geht unmittelbar hervor, daß die Intensität auf beiden Seiten in dem Grade verschieden ist, daß der Ton im abgewendeten Ohr an der Grenze der Schwelle oder unter ihr liegt. Das Experiment zeigt also, daß entgegen der Ansicht von Hecht, nach welchem bei dieser Wellenlänge kein Kopfschatten in Betracht käme, also die Schallenergie auf beiden Seiten gleich sein müßte, der Schall offenbar auf dem Wege zum abgewendeten Ohr abgeschwächt wird oder nicht in dasselbe gelangt. Das Versuchsergebnis spricht gegen die Annahme, daß im stationären Schallfeld bei Wellenlängen von 3 in und darüber der Schädel keinen Schallschatten bildet. Damit fällt auch die Berechtigung, verschiedene Mechanismen für die Lokalisation hoher und tiefer Töne anzunehmen.

Es ist aber auch vom vergleichend physiologischen Standpunkt höchst unwahrscheinlich, sich vorzustellen, daß in Konsequenz dieser Hypothese von Hecht Tiere je nach ihrer Schädelgröße hohe und tiefe Töne auf verschiedene Weise lokalisieren. Für eine Maus z. B. (Ohrdistanz ca. 1 cm) käme beim Lokalisieren von Tönen mit 3 cm Wellenlänge (10 000 Schwingungen) und solchen an der obersten Hörgrenze des Menschen nur die Zeitdifferenz in Betracht, während umgekehrt bei Tieren mit größerem Ohrabstand als der Mensch durch Töne von größerer Wellenlänge Intensitätsunterschiede auftreten müßten.

Nach unserer Ansicht kann man das oben angeführte Versuchsergebnis so erklären, daß der Schall, unabhängig von der Wellenlänge, bei einer bestimmten Energie auf dem Wege zu beiden Ohren nach dem bekannten physikalischen Gesetz in verschiedenem Grade an Intensität verliert, wobei dieser Verlust durch das Schallhindernis, das der Kopf für das abgewendete Ohr bildet, wesentlich vergrößert wird. Dabei kommt es hauptsächlich auf die Schallwellen an, die im Ohr in stehende Wellen verwandelt werden. Jede Hypothese muß fallen gelassen werden, wenn sie durch ein Versuchsergebnis widerlegt wird. Wir müssen also die Annahme von Hecht, daß der Kopfschatten nur für hohe und nicht für tiefe Töne in Betracht kommt, ablehnen.

Es galt jetzt weiter, auch die von der Zeittheorie geforderten Voraussetzungen einer experimentellen Prüfung zu unterziehen, beziehungsweise zu prüfen, ob die vorliegenden Angaben über das Erkennen kleinster Zeitdifferenzen damit in Einklang zu bringen sind. Die Vertreter der Zeittheorie nehmen an, daß der Schall in den beiden Ohren zeitlich verschieden eintrifft, und daß das Zentralnervensystem die Fähigkeit besitzt, Zeitunterschiede bis zu 30 00 zu erkennen und für die Lokalisation zu verwerten. Gegen diese letztere Annahme der hohen Leistungsfähigkeit des Zentralnervensystems sprechen womöglich in noch höherem Grade Bedenken vom vergleichend physiologischen Standpunkt. Es müßte wiederum z. B. bei der Maus durch eine extrem seitlich stehende Schallquelle die Zeitdifferenz im Eintreffen der Wellen in den beiden Ohren, die beim Menschen 630 00 beträgt, auf den 20. Teil dieses Wertes (rund 30 00) herabsinken. Das ist der Wert, der für den Menschen bei der Stellung der Schallquelle einen Grad seitlich von der Medianstellung (Wegdifferenz 1 cm) erfordert wird. Der entsprechende Wert für die Maus müßte $\frac{1}{20}$ davon betragen, also ungefähr 1 bis $1\frac{1}{2}$ millionstel Sekunde. Man müßte also annehmen, daß derartige Tiere entweder eine dem Menschen weit überlegene Organisation des Zentralnervensystems für die Lokalisation des Schalles besitzen, oder daß sie, wenn wir für alle Tierarten und den Menschen die gleiche Empfindlichkeit voraussetzen, den Menschen in bezug auf die Genauigkeit der Lokalisation nachstehen. Über die Feinheit dieses Vorganges im Zentralorgan sich eine Vorstellung zu machen, ist am vorhinein schwer. Beim Tier ist eine diesbezügliche Prüfung kaum denkbar. Beim Menschen kann man experimentell Anhaltspunkte gewinnen. Es liegen auch einzelne derartige Angaben vor.

Unsere eigenen Untersuchungen setzten damit ein, die Frage zu beantworten, welche Zeitunterschiede wahrgenommen werden können, beziehungsweise zu bestimmen, innerhalb welcher Zeit zwei Gehörseindrücke als getrennt voneinander erkannt werden. Wir richteten mit Rücksicht auf die Zeittheorie unser Augenmerk hauptsächlich darauf zu prüfen, wie groß die Leistungsfähigkeit ist, wenn von zwei Schallreizen einer das eine der zweite später das andere Ohr trifft. Die Ergebnisse dieser Versuche, über deren Einzelheiten wir an anderen Orten berichten wollen, haben gezeigt, daß die beiden Schalleindrücke (Ton und Geräusch) unter allen Umständen nicht mehr als getrennt erkannt werden, wenn das Zeitintervall kleiner als $\frac{1}{1000}$ Sekunden ist. Da dieser experimentell bestimmte Grenzwert um ein Vielfaches größer ist als der selbst für extreme Seitenstellung der Schallquelle in Betracht kommende, so ergibt sich daraus, daß für die Gültigkeit der Zeittheorie die Voraussetzungen fehlen. Wir werden in dem ausführlichen Bericht über unsere Versuche auch zeigen können, welcher Irrtum bei Beurteilung des Resultates unterlaufen ist in den Versuchen, die akustische Richtungsbestimmung durch künstliche Vergrößerung der Zeitunterschiede zu vereinnahmen.

Über eigene Versuche zur Kritik der Phasentheorie verfügen wir derzeit nicht. Aber auch gegen diese bestehen dieselben Bedenken vom vergleichend physiologischen Standpunkt. Bei der Verschiedenheit der Ohrdistanz kann bei verschiedenen Tieren bei derselben Tonhöhe die Phasendifferenz nicht die gleiche sein.

Für die Intensitätstheorie entfallen alle diese Bedenken vom vergleichend physiologischen Standpunkt. Es erübrigt nun die Frage zu beantworten, wie groß die Leistungsfähigkeit des Zentralorganes im Erkennen

von Intensitätsunterschieden ist, beziehungsweise diese Werte für Geräusche und Töne verschiedener Höhe festzustellen.

Wien, den 30. Januar 1923.

A. Kreydl.
S. Gatscher.

* * *

Die Herren Kreydl und Gatscher nehmen an, daß die Lokalisation von Schallquellen für alle Wellenlängen nach der Methode des Intensitätsunterschiedes erfolgt. Sie führen für ihre Ansicht physikalische und physiologische Gründe an, gegen die ich mancherlei einzuwenden habe. Ich will mich jedoch nur auf das Wesentlichste beschränken.

1. Das angegebene Experiment, das beweisen soll, daß der menschliche Kopf auch bei tiefen Tönen einen starken Schallschatten wirft, ist aus mehreren Gründen sehr anfechtbar. Ich empfehle, den Versuch in so großem Abstände von der Schallquelle zu wiederholen, daß das Schallfeld, in dem beobachtet wird, ein ebenes ist, und alle störenden Reflexionen an Wänden usw. zu vermeiden. Ein Arbeiten im geschlossenen Zimmer ist bei Untersuchungen mit Wellenlängen von der Größe der Zimmerdimensionen natürlich ausgeschlossen. Zur Befreiung von Obertönen, die gerade bei den tiefen Tönen außerordentlich stark stören und Schattenwirkungen vortäuschen können, empfiehlt es sich, Helmholtzsche Resonatoren vor den Ohren zu verwenden.

Bei Vermeidung aller Fehlerquellen werden dann auch die Herren K. und G. das von der Theorie geforderte und von vielen Experimentatoren in zahlreichen Versuchen mit elektrischen, optischen und Schallwellen in der Luft und im Wasser bestätigte Resultat finden, daß ein zur Wellenlänge kleines Schallhindernis keinen nennenswerten Schallschatten werfen kann.

Ein flüchtig ad hoc von Herrn W. Späth und mir unternommener Versuch mit 200 Schwingungen in der Sekunde ergab für das Verhältnis der Intensitäten auf dem zugewandten und abgewandten Ohr etwa 2.

2. Die Herren K. und G. haben festgestellt, daß erst oberhalb einer Zeitdifferenz, die um viele Male größer als die maximal beim Menschen auftretende Zeitdifferenz von 6×10^{-4} Sek. ist, getrennte Schallbilder wahrgenommen werden, und kommen zu dem Schluß, daß der Zeitdifferenzmethode infolgedessen die Grundlagen fehlen. Sie übersehen dabei, daß ja gerade bei der Lokalisation auf Grund einer Zeitdifferenz die beiden Schallbilder zu einem einzigen verschmelzen müssen, um die Vorstellung eines aus einer bestimmten Richtung kommenden Schalleindruckes zu erzeugen.

Über das, was über den Unterschied bei der Lokalisation durch verschieden große Tiere gesagt ist, kann man wohl wie über ähnliche physiologische Fragen zweierlei Meinung sein, bevor nicht entsprechende Experimente angestellt sind. Ich persönlich kann mir nicht recht vorstellen, daß für alle Tiere unabhängig von ihrer Größe und damit unabhängig von dem Gebiet der Töne, das sie erzeugen und vornehmlich empfangen, die gleichen Grenzen und Schwellenwerte gelten sollen.

Kiel, den 24. März 1923.

H. Hecht.

Ultraviolette Nordlichtstrahlen?

Am 17. Oktober 1919, während ich damit beschäftigt war, Nordlichtphotogramme von einem prachtvollen Nordlicht auf dem nördlichen Himmel aufzunehmen, machte ich folgende Observation.

Um 12^h 15^m nachts mitteleuropäischer Zeit wurde in Nordost ein rotvioletter Lichtschimmer beobachtet. In diesem waren keine Strahlen zu sehen. Als jedoch die Lichterscheinung mir auffallend erschien, wurde eine Photographie derselben gleichzeitig von den Stationen Bygdö und Oscarsborg aufgenommen.

Die verwendeten Platten waren „Lumière Etiquette violette“. Bei der Entwicklung kamen zu meiner großen Überraschung Nordlichtstrahlen hervor, trotzdem ich während der Aufnahme keine Spur von solchen sehen konnte.

Die Berechnung, die auf Grund der kleinen Parallaxe nicht ganz zuverlässig ist, zeigt, daß die Strahlen innerhalb der Höhenintervalle 250–550 km über der Erde lagen.

Die Spitze der einen wahrscheinlich zwischen 450 und 550 km.

Die Strahlen lagen im Zenith eines Gebietes über dem nördlichen Schweden bei der Bottnischen Bucht.

Nach diesem scheint es mir wahrscheinlich, daß die Strahlen ultraviolettes Licht ausgesandt haben.

Bygdö b. Kristiania, den 24. März 1923.

Carl Störmer.

Zur Geschichte des Ammoniakverfahrens.

In den „Naturwissenschaften“ Nr. 49, S. 1048, Anm. 10, 1922 hat Herr Professor Fritz Haber zu seinem dort veröffentlichten Vortrag geschrieben:

„Der Wunsch, an der Synthese des Ammoniaks beteiligt zu erscheinen, nimmt seine seltsamste Form in einem Lehrbuche der Chemie an, dessen 1. Band Herr Professor Max Trautz in diesem Frühjahr hat erscheinen lassen.“

Ich stelle demgegenüber fest, daß ich auf den betreffenden Seiten 119 und 471 meines Lehrbuchs lediglich Tatsachen in chronologischer Folge aufgezählt habe. Ich habe, wie aus der von Herrn Prof. Gattermann, meinem damaligen Chef, redigierten Patentanmeldung vom 3. Oktober 1904 (ausgelegt 2. Januar 1906) — die Herr Haber im wesentlichen wiedergab in der genannten Anmerkung — hervorgeht, damals gefunden, daß durch Überleiten von Wasserstoff und Stickstoff über gewisse Leichtmetalle, ihre Gemische oder ihre Reaktionsprodukte mit den Gasen schon bei mäßigen Temperaturen (unter 600°) Ammoniak entsteht, habe auch darauf hingewiesen, daß die Ausbeute durch erhöhten Druck steigen müsse. Die weit brauchbareren Schwermetalle habe ich in der Patentanmeldung 1904 nur auf ausdrücklichen Einspruch des Herrn Prof. Gattermann nicht erwähnt, weil dieser der Ansicht gewesen, ich dürfe das nicht, ehe ich nicht mit allen Schwermetallen Versuche ausgeführt gehabt hätte. Weitere Versuche mit Schwermetallen, mit besseren Ausbeuten, habe ich dann angeschlossen. Mitteilungen des Herrn Haber über diesen Gegenstand haben erst später stattgefunden.

Ich habe auf diese in meinem Buch erwähnten Tatsachen keinerlei Ansprüche gegründet, habe vielmehr ausdrücklich betont, daß Herr Haber das Verdienst hat, mit Herrn Bosch das technische Ammoniakverfahren geschaffen zu haben.

Heidelberg, den 31. März 1923.

Max Trautz.

Bemerkung zu vorstehender Notiz.

Von Fritz Haber, Berlin-Dahlem.

Der einzige Beitrag, den Herr Trautz zu der Ammoniakfrage geleistet hat, besteht in der von ihm am

2. Januar 1906 zur amtlichen Auslegung gebrachten und danach zurückgezogenen deutschen Patentanmeldung, deren Text 1914 auf den theoretischen Teil und den Patentsanspruch nach der von der Badischen Anilin- und Sodafabrik gefertigten Abschrift untenstehend wörtlich wiedergegeben ist. Jeder Fachmann weiß heute, daß man nach den Angaben dieses Textes kein Ammoniak aus dem Elementen erhält, worauf die Badische Anilin- und Sodafabrik Herrn Trautz seinerzeit hingewiesen hat. Danach erscheint jedes weitere Wort über den Gegenstand entbehrlich.

Der Text der Patentanmeldung unter Weglassung des theoretischen Teiles und des Patentsanspruches lautet:

a) Beim Überleiten von Gemischen aus Stickstoff und Wasserstoff über Calcium, Baryum, Strontium, Magnesium und Lithium oder über Legierungen dieser Metalle unter sich entstehen Stoffe, die schon bei ziemlich niedrigen Temperaturen — von ca. 180° ab aufwärts — aus Gemischen von Stickstoff und Wasserstoff in verschiedenen Mengenverhältnissen bis gegen 4% Ammoniak bilden, ohne diese katalytische Fähigkeit durch längeres, dauerndes Überleiten der Gase oder auch durch Variation der Zusammensetzung des Gasgemisches zu verlieren.

b) Im Gegensatz zu Moissan's Befund verändert sich Calciumhydrür schon unter Rotglut, wenn es im Stickstoffstrom erhitzt wird. Wird nämlich das Hydrür auf ca. 300–500° in einem Strom ganz trockenen, reinen, mittels Kupfer von allen Sauerstoffspuren befreiten Stickstoffs erhitzt, so erhält man eine zitronengelbe Substanz, die beim Auftropfen von Wasser lebhaft Ammoniak abgibt. Erhitzt man sie im Wasserstoffstrom auf 200–400°, so erhält man Ammoniak und Hydrür. Das Hydrür kann also immer wieder benutzt werden.

c) Durch Verwendung von Gemischen von Calcium mit Baryum oder Magnesium erzielt man noch leichtere Angreifbarkeit des Hydrürs, entsprechend der bei festen Lösungen dem Massenwirkungsgesetz entsprechenden Änderung des Dissoziationsdrucks.

Aus diesen drei neuen Tatsachen ergibt sich folgende Möglichkeit einer kontinuierlichen Ammoniakdarstellung.

Gemische von Wasserstoff und Stickstoff in bestimmten Verhältnissen werden (ähnlich wie bei dem Kontaktschwefelsäureverfahren das SO₂-Luftgemisch) durch Gefäße geleitet, die mit dem betreffenden Überträger (Hydrür-Nitrid-Gemisch der Erdalkalimetalle und des Lithiums bzw. Nitrid des Magnesiums) gefüllt sind. Die Überträger werden stets auf bestimmter Temperatur gehalten, da für jedes Gasgemisch mit bestimmtem Gesamtdruck ein Temperaturoptimum für Ammoniakgewinnung existiert. Man kann bei relativ niedrigen Temperaturen arbeiten (ca. 200–400° i. allg.) und erhält so durch einmaliges Überleiten bis zu mehreren Prozent Ammoniak. Man führt die Gase dann durch eine Säure oder ein Kältegefäß, worin das Ammoniak weggenommen wird, dann eventuell unter Wiederherstellung der ursprünglichen Zusammensetzung — wieder über eine Schicht Überträger und vermag so aus Wasserstoff und Stickstoff quantitativ reines Ammoniak zu erzeugen.

Um die — eventuell unbequeme — Wiederherstellung der ursprünglichen Zusammensetzung zu vermeiden, kann man die Temperatur der jeweiligen Überträgerschicht so wählen, daß sie für jedes darüber zu leitende Gasgemisch jeweils das Optimum darstellt. Steigerung des Druckes vergrößert die Ausbeute sehr.

Die Verwendung von Nitrid-Hydrür-Gemischen, wie auch die Anwendung von Magnesiumnitrid gestattet schon bei sehr niedriger Temperatur Ammoniak zu erhalten.

Beispiel I.

Reines Calciumhydrür und Magnesiumnitrid werden zu gleichen Teilen miteinander fein zerrieben und in ein Rohr verbracht, das im Verbrennungssofen auf 200 bis 400° erhitzt wird. Leitet man bei gewöhnlichem Druck ein vollkommen trockenes Gemisch von etwa gleichen Teilen Wasserstoff und Stickstoff darüber, so erhält man Ammoniak, selbst bei ziemlich weitgehender Änderung der Gesamtzusammensetzung der Gase oder des Druckes und zwar dauernd.

Leitet man reinen Wasserstoff darüber oder reinen Stickstoff, so hört die Ammoniakbildung nach kurzer Zeit auf, beginnt aber alsbald wieder, wenn die reinen Gase durch das Gemisch ersetzt werden.

Beispiel II.

Reines Magnesiumnitrid, erhalten durch Erhitzen von Magnesium in völlig trockenem Stickstoff, wird in einem Verbrennungssofen in einer Röhre auf etwa 450° erhitzt. Leitet man dabei ein Gemisch von etwa gleichen Teilen Wasserstoff und Stickstoff (z. B. 4 Teile Wasserstoff, 5 Teile Stickstoff) darüber, so erhält man dauernde Ammoniakbildung, ohne daß das Nitrid seine Eigenschaft als Überträger verliert.

Eine Phosphoreszenzbeobachtung am Röntgenschirm.

Im Juli 1920 hat uns Herr Dr. med. *Karl Frik* im Röntgenzimmer der 1. medizinischen Klinik in Berlin eine von ihm gemachte Beobachtung gezeigt: Die für Durchleuchtungszwecke benutzten und mit einer Bleiglasplatte abgedeckten „Ossal“- und „Astral“-Röntgenschirme leuchteten im Dunkeln hell auf, wenn man mit einem trockenen Finger oder einem Lederhandschuh über die Glasplatte wegstrich. Auch zeigte Herr Dr. *Frik* uns, wie man durch Anhauchen der Glasplatte ein mit dem Luftstrom über den Schirm weghuschendes Leuchten hervorrufen konnte. Herr Dr. *Frik* hatte mit Sicherheit festgestellt, daß Vorbestrahlung mit Röntgenlicht und gute Trockenheit von Glasplatte, Lederhandschuh usw. Vorbedingung sei.

Wir erklärten Herrn Dr. *Frik* sogleich, daß die von ihm beobachtete Erscheinung einen sehr hübschen Fall der von uns gefundenen „Ausleuchtung“ der Phosphoreszenz durch elektrische Felder darstelle. (*B. Gudden* und *R. Pohl*, Zeitschrift für Physik 2, 192, 1920, *F. Schmidt*, Ann. Phys. 70, 161, 1923.)

Herr Dr. *Frik* hatte damals die Freundlichkeit, uns ein Stück eines alten Astral-Leuchtschirmes, an dem er die Erscheinung zuerst gefunden hatte, zur Untersuchung zu überlassen. Die Richtigkeit unserer Deutung ließ sich an diesem Schirm ohne weiteres erweisen.

Inzwischen ist nach Mitteilung von Herrn Dr. *Frik* die genannte Erscheinung Gegenstand einer Erörterung in der Sitzung der Berliner Röntgen-Vereinigung vom 22. März 1923 gewesen. Das gibt uns die Veranlassung, kurz ein paar Versuche zu beschreiben, die eindeutig beweisen, daß es sich hier lediglich um die Ausleuchtung der Phosphoreszenz durch elektrische Felder handelt, die von statischen Ladungen hauptsächlich auf der Bleiglasplatte herrühren.

Der Astralschirm (ebenso wie der Ossalschirm im wesentlichen basisches Zinksilicat) zeigt nach Erregung mit Röntgenlicht, wie bekannt, bei Zimmertemperatur nur ein schwaches Nachleuchten. Trotzdem hat er eine große Lichtsumme aufgespeichert: erwärmt man ihn nämlich auf etwa 100°, so daß die Rückkehr der Elektronen durch die gesteigerte thermische Molekularbewegung beschleunigt wird, so zeigt sich minutenlang ein intensives Nachleuchten. Der Astralschirm stellt also einen sehr aufspeicherungsfähigen durch Röntgenlicht erregbaren Phosphor dar.

Um die beschleunigte Rückkehr der Elektronen durch elektrische Felder zu erzwingen, haben wir ein 10 × 10 cm großes Stück des Schirmes als Dielektrikum in einen Kondensator mit einer durchsichtigen Platte gebracht. Es genügt, den Schirm auf eine Metallplatte zu legen und oben auf den Schirm eine flache, mit Wasser gefüllte Spiegelglasuvette zu stellen. Das elektrische Feld erzeugt man mit einer kleinen Influenzmaschine, einer Leydener Flasche oder einem kleinen Transformator.

Das Aufleuchten im elektrischen Feld ist ohne weiteres zu sehen, wenn der Schirm zuvor mit Röntgenlicht oder auch ultravioletttem Licht mit einer Wellenlänge $\lambda < 280 \mu$ erregt worden war. Der Schirm bleibt hingegen dunkel, wenn die Lichtsumme zuvor durch einige Minuten lange Beheizung ausgetrieben war.

Diese Anordnung hat natürlich den Nachteil, daß hier außer dem dünnen Leuchtschirm der Boden der Spiegelglasuvette als Dielektrikum eingeschaltet ist.

Selbstverständlich lassen sich auch noch andere Anordnungen treffen. So genügt z. B. die Annäherung einer geriebenen Siegellackstange, um die ihr nächsten Teile des Schirmes aufleuchten zu sehen. Doch muß man sich dann vor Täuschung durch Funkenlicht hüten.

Auch kann man die das Feld erzeugenden Ladungen direkt auf die Oberfläche der recht gut isolierenden Kristallpulveroberfläche des Schirmes bringen. Das geschieht am einfachsten durch Auflegen einer trockenen Glasplatte, deren Oberfläche man mit Seide oder dergleichen reibt. Man sieht dann direkt die Verteilung der statischen Ladungen. Durch Bewegungen der geriebenen Platte läßt sich das Feld stellenweise verstärken, so daß der Schirm heller aufleuchtet usw.

Diese Versuche lassen sich ad libitum variieren. Sie beweisen aber nur etwas für die verwinkelte Ladungsverteilung auf mehr oder minder guten Isolatoren.

Hierhin gehört auch die Zunahme des elektrischen Feldes unterhalb der Glasplatte, wenn man auf ihrer Oberfläche die ungleichnamige Ladung durch Behauchen entfernt.

Leider ist die durch Ausleuchtung (sei es thermische, sei es elektrische) gewonnene Lichtsumme zu klein, um neben der als Fluoreszenzlicht während der Röntgenbestrahlung verausgabten Lichtsumme in technisch verwertbarem Maße in Frage zu kommen.

Eine diesbezügliche Anfrage des Herrn Dr. *Frik* mußten wir leider verneinen, aber auf jeden Fall hat seine Beobachtung uns einen Versuch kennen gelehrt, der es mit einfachen Hilfsmitteln gestattet, die Ausleuchtung der Phosphoreszenz durch elektrische Felder einem größeren Hörerkreis vorzuführen.

Göttingen, den 10. April 1923.

B. Gudden. R. Pohl.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Heft 19. (Seite 341—364.)

11. Mai 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über den Bienenstich. Von *Ferdinand Flury*,
Würzburg. S. 341.

Neuere Beobachtungen über den Zusammenhang
elektrischer und optischer Erscheinungen. Von
B. Gudden und *R. Pohl*, Göttingen. (Mit 14 Ab-
bildungen.) S. 348.

Eine neue Arbeit über den Gesang der Vögel.
Von *Fritz Braun*, Danzig. S. 354.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Nikolaus Kopernikus. Naturbilder aus China.
Vermessungswesen der Marine. Reisebilder aus
der Südsee. S. 356.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner
Zweigverein):

Die neueren Anschauungen über Wesen und
Aufbau der Zyklonen. S. 359.

Mitteilungen aus verschied. Gebieten. S. 360—364.

Über den Begriff des embryonalen Feldes. Die
wurzelständigen Quallen der Südsee. A Bibli-
ography of Fishes. Zusammenklang Königscher
Stimmgabeln. Annual Report of the Director,
United States Coast and Geodetic Survey 1921.
Feuerlöschen durch Wasserdampf. Bildung der
Salzlager.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschienen:

Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Großindustrie

Ein technologisch-historischer Versuch

Von

Gustav Fester

Dr. phil., a. o. Professor an der Universität
Frankfurt a. M.

(VIII, 225 S.)

GZ. 7,57 gebunden GZ. 9

Inhaltsverzeichnis:

Die chemische Technik im Altertum und Frühmittelalter: Ägyptisch-orientalische Technik. Griechisch-römische Technik. Spätgriechisch-arabische Technik. Technik des frühen europäischen Mittelalters.

Die chemische Technik vom späteren Mittelalter bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts: Allgemeine Charakteristik, Wirtschaftliches, Beziehungen zwischen Wissenschaft und Technik. Das Hüttenwesen bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts. Die anorganisch-chemischen Gewerbe bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts. Glasindustrie und Keramik bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts. Die organisch-chemischen Gewerbe bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts.

Die chemische Technik vom Beginn des 17. bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts: Allgemeine Charakteristik, Wirtschaftliches, Beziehungen zwischen Wissenschaft und Technik. Das Hüttenwesen im 17. 18. Jahrhundert. Die anorganisch-chemischen Gewerbe im 17. 18. Jahrhundert. Glasindustrie und Keramik im 17. 18. Jahrhundert. Die organisch-chemischen Gewerbe im 17./18. Jahrhundert.

Die Grundsätze (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Ueber den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für Mai 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-58. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.



Hermann Meusser

Fachbuchhandlung für Naturwissenschaft
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

hält die gesamt naturwissenschaftliche Literatur
auf Lager, liefert prompt, zuverlässig und preis-
wert, auch nach dem Auslande. (297)

Ältere Jahrgänge der Naturwissenschaften

zu Kauf gesucht. Angebote unter
Nw. 293 an die Exped. dieser Zeitschrift erb.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Lehrbuch der Pharmakognosie

Dr. Ernst Gilg

Von
und

Dr. Wilhelm Brandt

Professor der Botanik und Pharmakognosie
an der Universität Berlin, Kustos am Botanischen
Museum zu Berlin-Dahlem

Professor der Pharmakognosie an der Universität
Frankfurt a. M.

Dritte, stark vermehrte und verbesserte Auflage
(XIX, 423 S.) 1922 Mit 407 Abbildungen Gebunden GZ. 8,8

Grundzüge der pharmazeutischen und medizinischen Chemie

Für Studierende der
Pharmazie und Medizin

Von

Professor Dr. Hermann Thoms

Geh. Reg.-Rat und Direktor des Pharmazeutischen
Instituts der Universität Berlin

Siebente, verbesserte und erweiterte Auflage (der Schule der Pharmazie,
Chem. Teil)

(VIII, 556 S.) 1921 Mit 108 Textabbildungen Gebunden GZ. 10

Die Wirkungen von Gift- u. Arzneistoffen

Vorlesungen für Chemiker und Pharmazeuten

Von

Prof. Dr. med. Ernst Frey

Marburg a. L.

(VI, 176 S.) 1921 Mit 9 Textabbildungen GZ. 4,9, geb. GZ. 6,2

Die Grundsätze (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüsse!) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Über den Bienenstich.

Von Ferdinand Flury, Würzburg.

Die Bienenkunde gehört zu den interessantesten Kapiteln der Biologie. Unüberschbar ist die Literatur über die Anatomie und Physiologie der Biene, über die Bienenzucht und die damit zusammenhängenden Gebiete wissenschaftlicher Forschung und praktischer Betätigung. Nur eine Seite der Bienenkunde wurde bisher vom wissenschaftlichen Standpunkt stiefmütterlich behandelt, nämlich der nicht unbeträchtliche Komplex von Fragen, der die *medizinische Bedeutung der Biene und ihrer Produkte* umfaßt. So wäre eine systematische Untersuchung über den Wert des Honigs als Heilmittel eine interessante und lohnende Aufgabe. Auch das Wachs bietet noch eine Reihe von Problemen, die zum Teil auf medizinischem Gebiet liegen. Besonders gilt dies aber vom Bienengift, das bisher nur von wenigen Wissenschaftlern zum Gegenstand eingehenderer Untersuchungen gemacht worden ist.

Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, die zahlreichen naturwissenschaftlichen und medizinischen Probleme darzulegen, die sich an den Stich der Bienen knüpfen. Im Anschlusse an eigene Untersuchungen über das Bienengift, seine chemische Natur, seine Stellung unter den tierischen Giften und über seine Wirkung auf Menschen und Tiere wurden mit Unterstützung hervorragender Fachleute auf dem Gebiete der Bienenkunde, besonders der Herren *Enoch Zander* (Erlangen), *Ludwig Armbruster* (Berlin-Dahlem), *Manger* (Ingolstadt), ausgedehnte Umfragen in deutschen und amerikanischen Imkerkreisen veranstaltet, deren reichhaltige Ergebnisse mancherlei Unsicherheiten beseitigt und unsere Kenntnisse wesentlich erweitert und gefestigt haben. Unser Wissen von den Bienen und ihrem Leben setzt sich zusammen aus einem bunten Gemisch von wissenschaftlicher auf Grund exakter Untersuchung gewonnener Erkenntnis, von phantastischen Vorstellungen und mancherlei Irrlehren, die jedoch durch eine zähe Anhängerschaft gestützt werden. Man muß deshalb bei der Verwertung von Auskünften aus Laienkreisen vorsichtig verfahren. Immerhin ergibt sich bei kritischer Prüfung eine solche Fülle von anregenden Fingerzeigen, deren Verfolgung fast unerschöpflichen Stoff für wissenschaftliche Forschungen liefern könnte.

Greifen wir zunächst die Frage heraus: *Was ist das Bienengift?*

Bis vor nicht allzu langer Zeit herrschte allgemein die Anschauung, die wirksame Substanz

des durch saure Reaktion ausgezeichneten Bienengiftes sei die Ameisensäure. In zahlreichen naturwissenschaftlichen Werken finden wir noch heute diese Angabe. In der Tat lassen sich beim Destillieren des Giftes auch geringe Mengen von flüchtigen Säuren nachweisen. Durch die bekannten Untersuchungen von *Langer* ist aber längst nachgewiesen, daß das Gift weder beim Erhitzen oder Eintrocknen, noch beim Neutralisieren seine entzündungserregende Wirkung verliert. Selbst zweistündiges Erhitzen zerstört die Giftwirkung nicht. Die im Jahre 1896 angestellten Untersuchungen von *Langer* bestätigten die Beobachtungen, die bereits ein Jahrhundert vorher der Leibarzt des Großherzogs von Toskana, *Felix Fontana*, der Verfasser der bekannten Abhandlung „Über das Viperngift“, gemacht hatte. Derselbe betont ausdrücklich bei einem Vergleich verschiedener Gifte tierischen Ursprungs, daß das Bienengift sowohl bei Entnahme aus dem Stachel als auch aus der Giftblase die gleiche Wirkung zeige und denselben Schmerz verursache, sowie daß es noch seine Stärke und Schärfe behalte, nachdem es getrocknet und mehrere Tage aufbewahrt sei. Er erwähnt in einem besonderen Kapitel „Von den Bienen, Hummeln und Wespen“, daß seines Wissens noch kein Naturforscher die Feuchtigkeit dieser Tiere gehörig untersucht habe. „Die Bienenfeuchtigkeit zerspringt, wenn sie trocken wird, ebenso wie das Viperngift. Wenn man ein Stück davon zwischen die Zähne nimmt und fest darauf beißt, so fühlt man sie wie fest zusammengeklebt, ebenso wie es sich mit dem Viperngift und allen trockenen gummiartigen Substanzen verhält.“ Auch das bittere und heißend schmeckende Giftsekret bei Hummeln, Wespen und anderen fliegenden und stechenden Insekten sei „gummiartig“. *Fontana* schließt wohl auf die Gegenwart eines sauren Stoffes, weil die genannten Sekrete zum Unterschied vom Viperngift den Tournesol oder den Rübensaft rot färben. Mit aller Schärfe vertritt er aber die Ansicht, daß die Säure im Gifte der Bienen und verwandter Tiere nicht für den Schmerz oder die Entzündung und Schwellung verantwortlich gemacht werden dürfe und wendet sich gegen die Meinung anderer Naturforscher, daß diese „Feuchtigkeit die Teile geschwollen mache, weil sie sauer ist“. Auch in diesem Punkt müssen wir, wie bei vielen anderen seiner Versuche, die Schärfe der Beobachtungen und ihre kritische Verwertung bewundern. *Fontana*, der vor 150 Jahren lebte, kann uns heute noch als klassisches Vorbild eines naturwissenschaftlichen Forschers gelten. Es ist geradezu erstaunlich zu lesen, wie er alle Mittel der dama-

igen Zeit in den Dienst seiner Untersuchungen zu stellen wußte.

Seitdem sind diese Versuche wiederholt nachgeprüft worden, und wir wissen heute, daß die gummiähnliche Substanz *Fontanas* das im Bienengift enthaltene Eiweiß ist. Das Märchen von der Ameisensäure lebt aber in den Kreisen der Imker und auch in den Köpfen vieler Naturwissenschaftler fort, trotzdem mit aller Sicherheit feststeht, daß der Gehalt an Säure bei der Wirkung des Bienengiftes keine oder doch nur eine ganz untergeordnete Rolle spielt. In allerjüngster Zeit sind sogar Zweifel aufgetaucht, ob die flüchtige Säure im Bienengift überhaupt Ameisensäure sei. *Th. Merl*, der sich eingehend mit den Methoden zum Nachweis dieser Säure befaßt hat, berichtet, daß er im Körper der Bienen bei Verwendung der Vacuumdestillation auch nicht in Spuren eine Säure isolieren konnte, welche die für Ameisensäure typischen Reaktionen zeigte. Dieser auffallende Befund dürfte ein gewisses Aufsehen erregen, nachdem schon so viele Untersucher vor *Merl* Ameisensäure aufgefunden haben.

Bei der Destillation unter vermindertem Druck, die ein schonenderes Verfahren als die bisher übliche Methode darstellt, wird vermieden, daß sich durch Zersetzungsvorgänge Fettsäuren neu bilden, die ursprünglich nicht vorhanden waren. Im übrigen wäre das Vorkommen von Ameisensäure, die in der Natur überaus häufig, als Oxydationsprodukt organischer Stoffe, bei zahlreichen fermentativen Prozessen, vor allem beim Abbau von Eiweiß, Fetten und Kohlehydraten, entsteht, gar nichts Merkwürdiges. Sollte sich die neue Feststellung über die Abwesenheit von Ameisensäure als unanfechtbar erweisen, so würde sich die alte in Imkerkreisen viel umstrittene Frage nach der Bedeutung der Ameisensäure als Konservierungsmittel des Honigs von selbst erledigen. Bekanntlich glauben die meisten Bienenzüchter, daß die Bienen diese Säure dem Honig zur Reifung und Haltbarmachung zusetzen. Schließlich ist aber die Frage, welche Säure im Bienengift vorhanden ist, vom toxikologischen Standpunkt nur von untergeordneter Bedeutung. Beim Bienenstich spielt jedenfalls die Giftwirkung der Ameisensäure oder anderer giftiger Säuren kaum eine Rolle. Der früher herrschende Grundsatz: „Bienengift ist Ameisensäure“ ist also falsch. Was für die Bienen gilt, gilt auch für Wespen, Hummeln, Hornissen und andere stechende Insekten, ebenso wie für die Raupen, Seenesseln, Quallen und auch unsere Brennnesseln. Die Reizwirkung ist in keinem Falle durch Ameisensäure bedingt. *Langer* hat im Hofmeisterschen Institut in Prag aus 25 000 Bienenstacheln eine eiweißfreie Substanz isoliert, die alle Wirkungen des Bienengiftes zeigt. Er bezeichnet sie als eine Base und berichtet, daß dieselbe verschiedene Alkaloidreaktionen zeige. Aus diesen Mitteilungen ist nun durch eine falsche Deutung in weiten Kreisen die irrüm-

liche Meinung entstanden, das Bienengift sei ein Alkaloid. Wir finden diese Behauptung heute in der Literatur weit verbreitet. Neuere Untersuchungen, die an einem weit größeren Material (mehr als 200 000 Bienen) angestellt wurden, haben nun ergeben, daß sich die von *Langer* isolierte Substanz noch weiter zerlegen läßt. Sie stellt einen verwickelt gebauten Komplex verschiedenartiger Substanzen dar, aus dem sich Lecithin, Tryptophan und ein stickstoffreicher giftiger Körper isolieren ließ, der als die eigentlich wirksame Substanz des Giftsekretes aufzufassen ist. Über seine chemische Natur lassen sich heute nur Vermutungen äußern. Er scheint zwischen den wirksamen Substanzen des Schlangengiftes und dem Cantharidin der spanischen Fliege zu stehen. Die weitere wissenschaftliche Erforschung des Bienengiftes besitzt hohe wissenschaftliche Bedeutung. Durch Versuche mit der eiweißfreien wirksamen Substanz erschien die Möglichkeit gegeben zur Lösung der fundamental wichtigen Frage, ob die Immunisierung des Organismus auch durch Substanzen von nicht eiweißartiger Natur möglich sei. Daß gegen das Bienengift eine gewisse Immunität erzeugt werden kann, ist ja aus tausendfältigen Erfahrungen der Imker bekannt. Auch Tierversuche liegen vor. Durch langdauernde, zum Teil gemeinsam mit *Miroslaw Miculicic* ausgeführten Untersuchungen ist es uns gelungen, eine Immunisierung gegen hohe Dosen, richtiger eine Gewöhnung an das Mehrfache der tödlichen Giftmenge, zu erzielen. Ein brauchbares „Anti-Bienenserum“, das nach Einspritzung gegen das Bienengift Schutz verleiht, wurde aber bei diesen Versuchen an Kaninchen bis jetzt noch nicht erhalten.

Mit diesen negativen Ergebnissen stehen auch die Erfahrungen von *Dold* in Einklang. Derselbe versuchte am Kaninchenauge durch wiederholte Vorbehandlung mit Bienengift eine lokale Immunität gegen die entzündungserregende Wirkung zu erzielen. Im Blute der Tiere konnten bei diesen Versuchen keine Antitoxine nachgewiesen werden. Nach den derzeitigen Kenntnissen ist das Bienengift den von Bakterien gebildeten Toxinen doch nicht ohne weiteres an die Seite zu stellen.

Wie bei anderen Giften tierischen Ursprungs, z. B. den Schlangengiften (*Faust*), so zeigt sich auch nach unseren Beobachtungen am Bienengift, daß mit der fortschreitenden Reinigung von den nicht giftigen Begleitstoffen, vor allem vom Eiweiß, auch die Wirkung eine zunehmende Einbuße erleidet. Ähnliche Verhältnisse liegen, wie es scheint, auch bei der Immunisierung gegen das Bienengift vor. Mit der Verkleinerung des Moleküls vermindert sich die Fähigkeit zur Antitoxinbildung. Hier dürfte dem Eiweiß vielleicht auch den stets gleichzeitig damit vorkommenden Lipiden, Lecithin usw., eine besondere Rolle zu fallen. Durch die Kombination der wirksamen Substanzen mit derartigen an sich ungiftigen

Verbindungen steigt die kolloide Natur und die Giftwirkung der Komplexe, die uns in den nativen Giften entgegentreten. Dadurch wird die weitere Verfolgung der Fragen auf *kolloidchemisches Gebiet* verlegt und eine Brücke zwischen dem alten viel bearbeiteten aber wenig Ertrag mehr liefernden Boden zu einem vielleicht ausichtsreicheren Neuland geschlagen. Wie auf so vielen Gebieten beobachten wir eine sich langsam vollziehende Umstellung unserer Anschauungen von den ursprünglich herrschenden „rein chemischen“ Ideen zu der physikalisch-chemischen bzw. kolloid-chemischen Auffassung. Damit hängt auch die Frage zusammen, ob ähnlich wirkende Gifte tierischen Ursprungs auch einen verwandten chemischen Aufbau zeigen oder nur ähnliche physikalische Eigenschaften.

Die Wirkung des Bienengiftes erinnert vielfach an die Wirkung gewisser Schlangengifte. Auch das Giftsekret der Skorpione scheint in naher Beziehung zu diesen Giften zu stehen. Die weitere Aufklärung der Analogien, die zwischen den verschiedenen Giften tierischer Herkunft bestehen, wäre von größter Bedeutung auch für die vergleichende chemische Physiologie und für die Immunitätslehre. Wie es scheint, bilden die tierischen Gifte Übergänge zwischen den sogenannten Toxinen der Bakterien und anderen Mikroorganismen und den chemisch genauer bekannten Giften, mit denen sich die Pharmakologie hauptsächlich beschäftigt. Eine tiefere Erkenntnis der Zusammenhänge wird vielleicht schließlich den Nachweis erbringen, daß es prinzipielle Unterschiede unter den genannten Stoffen gar nicht gibt, und daß die scharfe Trennung in einzelne Disziplinen, die sich mit der Erforschung derartiger pharmakologisch wirksamer Substanzen befassen, keine innere Berechtigung hat.

Wenden wir uns nun zur Frage nach der *Wirkung des Bienenstiches*. Das Bienengift äußert seine Wirksamkeit an den Vertretern der ganzen Tierreihe. Wenngleich die Wirkung auf niedere Tiere kein praktisches Interesse besitzt, so war doch vom Standpunkte der vergleichenden Toxikologie und zum Zwecke eines systematischen Studiums über die Angriffspunkte des Giftes eine Prüfung erwünscht. Eigene Versuche, die von meinem Mitarbeiter Siegfried Cohn ergänzt und erweitert wurden, zeigten, daß auch Einzeller, wie z. B. Paramaecien, durch das Gift schnell zugrunde gehen. Regenwürmer sind außerordentlich empfindlich. Schon $\frac{1}{20}$ mg bezweckt tödliche Schädigungen. Läßt man Bienen einen Regenwurm stechen, so kommt es nach heftigen Reizerscheinungen, krampfhaften Abwehrbewegungen und starker Schleimsekretion bald zu allgemeiner Lähmung und zum Tod. Das Gift ist auch stark wirksam, wenn es ohne Verletzung durch Stiche äußerlich aufgetragen wird. Am isolierten Wurmmuskel wirkt es direkt lähmend. Auch an Mollusken ist das Gift stark wirksam.

Es erweist sich hier als Herzgift. Die Frequenz des embryonalen Schneckenherzens (*Limnaea*) wird nach kurzer anfänglicher Steigerung bald erheblich verlangsamt. Daß die Bienen gegen ihr eigenes Gift nicht immun sind, weiß man aus den Erfahrungen der Imker über die Drohnenschlacht, die Tötung der überzähligen Königinnen und die schweren Kämpfe zwischen einzelnen Tieren und ganzen Bienenvölkern. Nach eigenen Versuchen handelt es sich hier nicht lediglich um die Folgen der Stichverletzung an sich, sondern auch um eine Wirkung des Giftes. Bei der geringen Körpergröße der Bienen und der einverleibten relativ hohen Giftmenge ist der tödliche Ausgang leicht verständlich. Man kann beobachten, daß bei den Kämpfen einzelner Bienen die tödliche Wunde meist in eine ganz bestimmte Körpergegend, und zwar in die Verbindung von Brust und Hinterleib treffen; hierbei werden die Nervenganglien des Bauchmarkes verletzt, und das gestochene Tier geht schnell zugrunde. Daß der Bienenstich auch andere hierhergehörige Tiere tötet, wurde durch zahlreiche Versuche an Fliegen, Spinnen, Wasserwanzen, Käferlarven usw. festgestellt. Auch kleine Fische (*Leuciscus*, *Percia*, *Gobio*, *Phoxinus*) sterben unter Atemnot und Koordinationsstörungen, wenn man ihnen Spuren von Bienengift unter die Haut spritzt oder dem Wasser etwas Gift zufügt. Frösche sind wenig empfindlich gegen Bienenstiche, sie vertragen 20–30 Bienenstiche ohne merkbare Folgen. Am ausgeschnittenen Froschherzen bewirkt aber schon $\frac{1}{100}$ mg des Giftes schwere Vergiftung und Herzstillstand. Ebenso sollen Kröten und andere Amphibien nach *C. Philsalix* gegen Bienengift sehr resistent sein.

Auch Versuche an Vögeln liegen vor. *C. Philsalix* berichtet, daß ein Sperling den Stichen von zwei Bienen erliege. Nach meinen Versuchen sind Vögel ziemlich widerstandsfähig. Eine Taube vertrug 25 Bienenstiche ohne erkennbare Wirkung, bei einem jungen Hahn traten Vergiftungserscheinungen erst nach Einverleibung des Giftes aus 150 Bienenstichen auf. Daß Gänse und Hühner durch Bienenstiche zugrunde gehen können, ist den Landwirten wohl bekannt. Schadenersatzklagen, die solche Fälle betreffen, gehören nicht zu den Seltenheiten.

An Nagetieren sind zahlreiche Versuche angestellt worden. Mäuse, Ratten, Meerschweinchen, Kaninchen scheinen relativ mehr Gift zu vertragen als Hunde. Bei Hunden sind tödliche Vergiftungen wiederholt beobachtet. Ebenso kommt es vor, daß Bienenschwärme Ziegen und Schafe überfallen und töten. Die veterinärmedizinische Literatur (*Fröhner* u. a.) ist reich an Mitteilungen über Todesfälle und schwere Erkrankungen von Pferden, die wie gegen manche andere Gifte auch gegen das Bienengift besonders empfindlich zu sein scheinen.

Die Wirkung eines Bienenstiches auf einen normalen gesunden Menschen ist wohl allgemein

bekannt. Es kommt zu einer intensiven Schmerzempfindung, zur Bildung einer Quaddel, zu einer begrenzten Hautrötung und einer von der Körperstelle abhängigen mehr oder weniger starken Schwellung. Werden gesunde Menschen von einer größeren Anzahl von Bienen gestochen, so treten zu diesen lokalen Wirkungen häufig auch erhebliche Störungen des Allgemeinbefindens. Hier zeigt sich aber bereits der Einfluß der *individuellen Verschiedenheit*. Manche Menschen ertragen eine große Anzahl von Stichen ohne besondere Folgen, während empfindliche Personen schon nach 3—5 Stichen mit Temperaturanstieg und Frostgefühl, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Durchfällen, Schwäche oder Aufregungszuständen reagieren. Mir ist ein Fall bekannt, wo ein 2½-jähriges Kind von etwa 50 Bienen überfallen wurde, als es am Flugloch eines Bienenstandes spielte, ohne daß sich nachteilige Folgen erkennen ließen. In einem zweiten Falle erkrankte ein erwachsener Mann nach 30—40 Stichen erheblich an Schwindel, Herzklopfen mit gesteigerter Pulsfrequenz, Cyanose der Gesichtshaut und einem bald vorübergehenden Schwächeanfall. 60 Stiche führten bei einem 50 Jahre alten Mann zu Müdigkeit und großer Erschöpfung, zu Blutdrucksenkung und Erniedrigung der Temperatur. 3—400 Stiche auf einmal richteten erwachsene Männer schon ziemlich übel zu, so daß sie zu mehrtägiger Bettruhe gezwungen werden; bei etwa 500 Stichen dürfte die Grenze der tödlichen Dosis für erwachsene Männer liegen. Mehr als 500, bis zu 1000 Stichen sind bei Überfällen von Bienenschwärmen auf einzelne Personen wiederholt gezählt worden. Der Ausgang war in der Regel tödlich. An *Bienenstich gewöhnte Imker* sind aber darunter nicht zu verstehen. Es sind mehrere Fälle bekannt, bei denen eine derartige Anzahl bei Imkern ohne verhängnisvolle Folgen geblieben ist.

Daß die Zahl der Stiche nicht allein ausschlaggebend ist für die Folgen, ist selbstverständlich. Unter ungünstigen Umständen kann der Stich, nicht wie gewöhnlich, in das Unterhautzellgewebe, sondern direkt in Hautgefäße und damit in das System der Blutgefäße erfolgen, wodurch ein Teil des Giftes in höherer Konzentration an die besonders empfindlichen Erfolgsorgane der Wirkung, wie das Herz, das Zentralnervensystem, speziell das Atemzentrum, gelangt. Dadurch wird der Verlauf natürlich viel gefährlicher.

Die Menge des Bienengiftes ist bei gleicher Anzahl von Stichen übrigens nicht immer gleich. Jedem Bienenzüchter ist bekannt, daß die Stechlust der Bienen außerordentlich wechselt und von mannigfachen Umständen abhängt. Während einzelne auf dem Sammelflug befindliche Bienen kaum stechen, wenn sie nicht dazu gereizt werden, ist es sehr gefährlich, die Bienen am Stock, besonders am Flugloch durch schnelle Bewegungen, durch Erschütterung oder sonstige Störungen ihrer Arbeit zu beunruhigen. Ausziehende Bienen-

schwärme gelten bei sachkundiger Behandlung als durchaus harmlos. Zum Stechen reizen weiter starke Gerüche, Schweiß, die Atemluft nach Alkoholgenuß usw. Damit hängt es zusammen, daß schwitzende Pferde so häufig die Opfer der Bienen werden. Daß auch das Wetter eine Rolle spielt, und besonders gewitterschwüles Wetter die Bienen sehr erregbar macht, weiß jeder Imker. Endlich ist auch die Bienenrasse von Einfluß auf die Stechlust. Jeder Bienenzüchter unterscheidet zwischen gutartigen und böartigen Völkern.

Die Folgen des Bienenstiches hängen noch mehr von der Empfindlichkeit der gestochenen Person ab als von den Bienen. Die bei Bienenzüchtern gelegentlich auftretende Sensibilisierung, das „Empfindlicherwerden“ gegen Bienenstiche, müssen wir der großen Gruppe von *Idiosynkrasien* anreihen. Die Neigung, mit der ein normaler Organismus auf eine Schädigung hin reagiert, ist abhängig von dem Zustande oder der Beschaffenheit seiner Organe. Wir sprechen von der Konstitution des Organismus als einer Summe vieler Eigenschaften, die ausschlaggebend für die Reaktion auf normale Reize und ungewöhnliche Schädigungen ist. Die verschiedenartige *Disposition* der Menschen erkennen wir auch in der mannigfaltigen Wirkung des Bienengiftes. Aus den zahlreichen Erfahrungen der Bienenzüchter ergibt sich auch hier die hohe Bedeutung der in der Konstitution begründeten Empfänglichkeit des einzelnen Individuums.

Bei den gegen Bienenstiche hochempfindlichen Personen besteht zweifellos eine abnorme Beschaffenheit von Organen und Geweben, in erster Linie wohl eine Minderwertigkeit des Herzens und das Blutgefäßsystems. Vielleicht hängt die Empfindlichkeit des höheren Alters mit den Folgen der Arteriosklerose, der wichtigsten Verbrauchskrankheit des Menschen, zusammen.

Die ungewöhnlich starke Wirkung des Bienengiftes auf weibliche Personen springt bei Sichtung des Materials ganz besonders in die Augen. Hier kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die Ursachen in einer besonderen funktionellen Beschaffenheit des Nervensystems, etwa einer erhöhten Reizbarkeit des vegetativen Systems, die leichter zu Gleichgewichtsstörungen führt, zu suchen sind. Auch psychische Faktoren sind neben der neuropathischen Disposition in Rechnung zu setzen. Vielfach handelt es sich hier um Fälle, die nach ihrer Konstitution an der Grenze von Gesundheit oder Krankheit stehen, wo eine besondere Bereitschaft zur Äußerung von Krankheitserscheinungen besteht. Besonders bei den Kindern, die ungewöhnlich stark auf Bienenstiche reagieren, zeigen sich in der Regel die mannigfachen Krankheitsbilder, die der Mediziner unter dem Begriff der „Diathesen“ zusammenfaßt. Solche Kinder neigen auch häufig zu katarrhalischen Erkrankungen, Drüenschwellungen u. dgl. Die vermehrte Bereitschaft zu Entzündungen überhaupt und im besonderen die

schweren Erscheinungen nach einem Bienenstich stehen sicherlich mit einer angeborenen mangelhaften Beschaffenheit der Körpergewebe, z. B. der Lymphdrüsen und der Gefäße, in Zusammenhang.

Bei der schweren Schädigung des vegetativen Nervensystems durch das Bienengift erfährt das fein abgestufte Wechselspiel der Drüsen mit innerer Sekretion eine schwere Störung.

Zum Kapitel der abnormen Reaktion gehören die relativ häufigen Fälle von Urtikaria (Nesselsucht), die als lästige, aber ungefährliche Folgeerscheinung nach Bienenstichen besonders häufig bei Frauen und Kindern beobachtet wird. Sie kommt aber auch gelegentlich beim männlichen Geschlecht vor. Unmittelbar nach dem Stiche, nach wenigen Minuten bis zu einer halben Stunde, ist gewöhnlich der ganze Körper scharlachrot gefärbt und es zeigen sich allenthalben rote Flecken und die heftig juckenden Urtikariaquaddeln. Außer dem regelmäßig auftretenden Brennen und Hautjucken klagen die Kranken meist über Müdigkeit, Durst, häufig gesellen sich dazu Fieber und Schwächezustände. Gewöhnlich sind alle Erscheinungen und Beschwerden nach 1–2 Tagen wieder verschwunden. Die Fälle von Nesselsucht hängen ebenfalls mit einer erhöhten Reizbarkeit des Organismus, im besonderen der Haut, zusammen und dürfen in erster Linie auf eine Wirkung, welche die Gefäße der Haut betrifft, zurückgeführt werden. Es handelt sich hierbei um eine Steigerung der dem Bienengift normalerweise zukommenden Gefäßgiftwirkung infolge besonderer Umstände. Bei allen Vergiftungen durch große Giftmengen, wie bei Todesfällen von Menschen und bei Tierexperimenten, begegnen uns überall schwere Schädigungen der Gefäße, die besonders im Kapillargebiet deutlich in die Augen fallen. Häufig sehen wir eine Erweiterung aller Gefäße der zugänglichen Schleimhäute. Die Augenbindehaut ist in solchen Fällen oft „blutunterlaufen“. Die inneren Organe, das Herz, die Lunge, die großen Drüsen zeigen vielfach Blutaustritte.

Mit der Wirkung auf die Blutgefäße stehen auch die Veränderungen an den weiblichen Genitalorganen in engem Zusammenhang. Nach zahlreichen Erfahrungen in Bienenzüchterkreisen sind Frauen zur Zeit der Menstruation ganz besonders empfindlich gegen Bienenstiche. Auf meine Umfrage wurde vielfach berichtet, daß die Menstruation infolge von Bienenstichen bereits frühzeitiger und in verstärktem Maße auftritt. Nach den Mitteilungen von Dr. Keiter traten bei Bienenstichkuren bei manchen Patientinnen die Menses früher als zur gewohnten Zeit ein. Auch sollen sich während der Zwischenzeit kleine Blutungen eingestellt haben. Bei Schwangeren ist es zu vorzeitigem Abgang der Leibesfrucht durch die Wirkung des Bienengiftes gekommen. Der Herausgeber der Märkischen Bienenzeitung, Pfarrer Aisch, teilte mir hierzu mit, daß die Frau eines Lehrers in V. (W.-Pr.) sogar zweimal nach

Bienenstich abortiert haben soll. Im Zusammenhang mit der Gefäßwirkung stehen weiter die Fälle, bei denen Darmblutungen als Folge von Bienenstichen beobachtet wurden. Daß sich bei experimentellen Vergiftungen von Tieren in allen Organen Blutungen finden können, wurde bereits erwähnt.

Hohes Interesse beanspruchen die *Todesfälle durch Bienenstiche*. Es ist auffallend, mit welcher Hartnäckigkeit viele Bienenzüchter die Möglichkeit abstreiten, daß Todesfälle beim Menschen schon durch den Stich einer einzigen Biene vorkommen können. Meist wird eingewendet, daß es sich um zufällige andere Todesarten, etwa Schlaganfälle und dergleichen, handelt.

Gegenüber den Zeitungsmeldungen über Todesfälle durch Bienenstiche empfiehlt sich nach meinen Erfahrungen aber in der Tat Vorsicht und Mißtrauen. Erkundigt man sich an Ort und Stelle näher über den Hergang, so stellt sich oft heraus, daß Falschmeldungen oder gänzlich ungenaue und unzuverlässige Nachrichten vorliegen. Todesfälle durch einen einzigen Bienenstich gehören in der Tat zu der größten Seltenheit. Weit häufiger sind Todesfälle infolge von massenhaften Stichen.

Ein sehr genau beschriebener Todesfall dieser Art betrifft den Lehrer R. in Fl. in Bayern (Juni 1885). Der 84jährige Mann hatte, durch einen Stich gereizt, nach einer Biene geschlagen und dabei mit dem Stock einen vor dem Bienenstand liegenden Schwarm getroffen. Durch etwa 1200 Stacheln im Gesicht, Hals, Brust und Beinen getroffen, wurde er ohnmächtig und lag regungslos am Boden, bis ihm Hilfe gebracht wurde. Durch ärztliche Hilfe und kalte Umschläge kam er wieder zum Bewußtsein und konnte den Hergang erzählen, später aber wurde er wieder bewußtlos, er schwoll außerordentlich stark an und starb am gleichen Tage, 14 Stunden nach dem Überfall. Er soll an einer Herzkrankheit gelitten haben. R. war kein Imker.

Solche Unglücksfälle bieten nach unserer Kenntnis über die Wirkung des Giftes nichts Auffallendes. Dagegen sind die Todesfälle durch einen oder wenige Stiche meist nicht so leicht zu erklären. Es wäre von Interesse, bei derartigen seltenen Todesfällen durch die Obduktion zu prüfen, ob die ungewöhnliche Wirkung des Bienengiftes auf Störungen des lymphatischen Apparates, insbesondere der schwersten Form der exsudativen Diathese, dem *status thymolympaticus*, beruht. Es ist eine altbekannte Erfahrung, daß bei Personen, die an einer derartigen allgemeinen Konstitutionsschwäche leiden, eine verhängnisvolle Widerstandslosigkeit gegen Schädigungen vorhanden ist. Es handelt sich manchmal um blasse Kinder mit pastösem Habitus. Fast regelmäßig finden sich abnorme Verhältnisse im Bau und der Funktion des Herzens, der Gefäße und der Drüsen. Auch bei Erwachsenen, die an solchen Störungen des lymphatischen Systems

leiden, wird beobachtet, daß sie an Infektionskrankheiten sehr leicht zugrunde gehen oder bei ärztlichen Eingriffen (Narkose, Einspritzungen) unerwartet und scheinbar aus unerklärlichen Gründen plötzlich sterben. Der Zusammenhang mit solchen Zuständen könnte auch bei den beobachteten Todesfällen durch Bienenstiche sicherlich oft aufgefunden werden. Daß es bisher zu keiner Klärung dieser Frage gekommen ist, beruht auf dem Umstand, daß die Mehrzahl solcher Unglücksfälle sich auf dem Lande ereignet, wo Leichenöffnungen selten stattfinden und die Aufklärung durch den Arzt oft unmöglich ist. Ich habe mich seit Jahren eifrig bemüht, durch Erkundigungen näheren Aufschluß über die Einzelheiten besonders nach der medizinischen Seite zu erhalten. Das Ergebnis war nicht überraschend. Ein Teil der Nachrichten war überhaupt erfunden, so z. B. Meldungen über Todesfälle in den Wintermonaten; bei einem anderen Teil handelte es sich um Erstickungsfälle infolge von Stichen in der Mundhöhle durch unvorsichtigen Genuß von Wabenhonig, Süßigkeiten, Bier usw., also nicht um eigentliche Giftwirkungen, sondern um Todesfälle, bei denen die Atemwege durch die starke Schwellung verlegt wurden. In einigen wenigen Fällen kam es infolge von nachträglichen Infektionen zu tödlicher Blutvergiftung. In einem anderen Falle trat der Tod ein, nicht, wie gemeldet, durch wenige Bienen, sondern durch einen ganzen Bienenschwarm. Die noch verbleibenden wenigen Todesfälle durch einen einzigen oder durch wenige Bienenstiche betreffen fast durchweg Personen mit bestehenden Erkrankungen. Herzleiden, vorgeschrittene Arterienverkalkung und hochgradige Blutarmut. Im übrigen scheint aber durchaus nicht jede Erkrankung des Herzens verhängnisvoll zu sein; denn bei den weiter unten besprochenen Bienenstichkuren werden bestimmte Herzleiden, die mit Gicht und Rheumatismus im Zusammenhang stehen, angeblich überraschend gebessert. Ebenso liegen Erfahrungen vor, nach denen Bienenstiche als kräftiges Reizmittel anämische Personen in überraschender Weise geheilt haben. Eine erhöhte Empfindlichkeit gegen Bienenstiche weisen auch Zuckerkranken und Tuberkulose auf. Besonders bei der Knochentuberkulose kann es nach Bienenstichen zu heftigen Herdreaktionen und Verschlimmerung des Allgemeinbefindens kommen.

Von Interesse ist auch die Durchprüfung des umfangreichen Materials über die Frage der Gewöhnung an das Bienengift, also der bei den meisten Bienenzüchtern zustande kommenden erworbenen Immunität. Imker, die häufig durch Bienen gestochen wurden, reagieren nach einiger Zeit auf die Stiche nicht mehr mit Anschwellungen an den betroffenen Körperstellen, sondern meist nur mit einer schwachen Rötung. Eine Immunisierung gegen den Schmerz scheint im allgemeinen kaum vorzukommen. Manche Imker, die immun sind, schwellen nur noch an bestimmten Körperstellen, meist an den Augen oder an

den Lippen, an. Eine Umfrage von Langer hatte ergeben, daß von 164 Imkern 7 % eine angeborene Immunität aufwiesen, und daß 82 % der anfangs empfindlichen Personen später immun wurden. Ähnliche Zahlen wurden bei einer neuerdings von mir angeregten Umfrage erhalten. So wurden 83 % der anfangs empfindlichen Imker immun, 13 % der gesamten Imker blieben gegen die Stiche gleich empfindlich. Übereinstimmend wird noch angegeben, die Immunität sei nur von kurzer Dauer und verliere sich im Winter allmählich wieder. Die absolute angeborene Immunität gegen den Bienenstich beträgt nach meinen Erkundigungen bei etwa 2000 Imkern gegen 10 %. Dagegen scheint die angeborene und die erworbene Überempfindlichkeit gegen Bienenstiche sehr selten zu sein. Die angeborene Überempfindlichkeit kann erblich sein. So wurde berichtet, daß die Eltern von überempfindlichen Kindern ebenfalls ungewöhnlich heftig reagieren. Diese abnorme Empfindlichkeit einzelner Personen hängt mit der Frage der Anaphylaxie, die in der Immunität eine wichtige Rolle spielt, eng zusammen.

Eine besondere Erwähnung verdient noch die Verwendung des *Bienengiftes als Heilmittel*. Wie es scheint, geht der Gebrauch des Bienengiftes zu medizinischen Zwecken in die graue Vorzeit zurück. Nach alten Überlieferungen vieler Völker soll der Bienenstich ebenso wie andere lokale Reizmittel günstige Wirkungen gegen rheumatische Beschwerden entfalten. Es ist bekannt, daß bei Rheumatismus das Einlegen in Ameisenhaufen, das Peitschen mit Brennesseln („Urtikationen“), das Auflegen von Quallen und Seenesseln alte Volksmittel gegen Rheumatismus, Lähmungen und dergl. sind. Bienenstichkuren gegen Rheumatismus, Podagra und verwandte Krankheiten sind besonders in Süddeutschland, in Frankreich, in Italien, unter den slavischen Völkern, und nach meinen Erfahrungen auch in Amerika unter den Bienenzüchtern wohl bekannte Heilverfahren. Die Schulmedizin hat sich erst in neuerer Zeit diesem Gebiet zugewendet. So wird erzählt, daß berühmte Mitglieder einer sehr angesehenen medizinischen Fakultät sich ihren Rheumatismus durch einen Spezialisten in Tirol mit Erfolg behandeln ließen.

Eine Zusammenfassung des heutigen Standes der Bienenstichbehandlung des Rheumatismus hat vor einigen Jahren Dr. A. Keiter in Graz geliefert. Darin finden wir ausgedehnte ärztliche Erfahrungen an zahlreichen Rheumatismuskranken (2000 Behandlungsfälle), an denen die Medizin nicht ohne weiteres vorübergehen darf. Die systematische Verabreichung von Bienenstichen wurde danach zuerst von dem prakt. Arzt Dr. Philipp Terc 1888 in Marburg ausgeführt. Aus dem vorliegenden Material ergibt sich, daß das Wesen der Bienenstichbehandlung nicht einfach als Hautreizung, wie die Wirkung von Einreibungen und dergl., zu erklären ist, die lediglich Rötung der Haut, eine geänderte Blutverteilung

und gewisse reflektorische Wirkungen auslösen, sondern es kommt hierbei zu schweren Allgemeinerscheinungen. Die Behandlung besteht darin, daß dem Patienten durch Aufsetzen von lebenden Bienen täglich bis zu 50 oder 100 Stiche in allmählicher Steigerung verabreicht werden. In einzelnen allerdings seltenen Fällen muß der Patient sich im Laufe der Kur von Tausenden von Bienen stechen lassen. Je nach der Schwere der Erkrankung ist die Behandlung von verschiedenen langer Dauer. Während der gesunde Mensch nach Bienenstichen anschwillt, verhält sich der echte Rheumatiker anders. Er schwillt im allgemeinen nicht an, der Stichschmerz ist geringer, und die entstehende Quaddel und die Rötung verschwinden viel schneller. In der Regel tritt erst nach 100—200 Stichen die Anschwellung auf, zugleich mit allgemeinen Krankheitserscheinungen, die oft recht bedrohlich aussehen. Sie bestehen in Fieber und Schüttelfrost, Atembeschwerden, Herzklopfen und Schwindel, Erbrechen und Durchfällen. Es kommt auch zu Schweißausbrüchen, verstärkter Harnabsonderung, manchmal auch zu Ohnmachtsanfällen. Daraus ergibt sich von selbst, daß derartige „Robkuren“ unter keinen Umständen von ungeeigneten Heilkünstlern ausgeführt werden dürfen. Nachdem diese Phase überstanden ist, beginnt nach den Berichten meist eine auffallende Besserung. Die Kranken sollen sich, abgesehen von den schweren Hauterstörungen (Bildung von Borken, Krusten und Abszessen) wie verjüngt und neugeboren fühlen. Die Ergebnisse sind, soweit sie mitgeteilt werden, ganz überraschend gute. Nach der Anschauung der genannten bienenkundigen Mediziner handelt es sich bei der Bienenstichkur um eine Immunisierung gegen das Bienengift, die wesensgleich sein soll mit einer Immunisierung gegen das hypothetische Rheumatismusgift. Mit dem Bienengift werden bei solchen Kuren auch erhebliche Mengen von artfremdem Eiweiß dem Körper einverleibt. Daraus ergibt sich die Frage, ob es sich hier wirklich um eine spezifische Wirkung handelt oder ob dabei auch ebenso wie bei der zurzeit modernen *Proteinkörpertherapie* andere Faktoren mitwirken. Bekanntlich werden seit einigen Jahren die verschiedenartigsten Erkrankungen durch Zufuhr von Eiweißstoffen, die parenteral, d. h. unter Umgehung des Darmkanals, zugeführt werden, und als unspezifische Reizstoffe auf die erkrankten Gewebe einwirken sollen, mit mehr oder weniger Erfolg behandelt. Jedenfalls darf die wissenschaftliche Untersuchung über die Bedeutung und das Wesen der Bienenstichkuren auch diese Seite des Problems nicht unbeachtet lassen.

Unter den zahlreichen Mitteilungen, die mir bei meinen Umfragen aus Bienenzüchterkreisen zugegangen sind, kehren immer wieder Berichte von durchaus zuverlässigen Imkern wieder, denen eigene Beobachtungen und sorgfältige Aufzeichnungen über auffallende Heilungen dieser Krank-

heit zugrunde liegen, so daß an der Wahrheit kaum mehr ein Zweifel möglich ist. Es wird nunmehr die Aufgabe unserer Industrie sein an Stelle der Behandlung mit lebenden Bienen, geeignete Präparate, die zur allgemeinen Verwendung tauglich sind, den Ärzten zur Verfügung zu stellen.

Im Gegensatz zur Rheumatismusbehandlung, die einer systematischen Prüfung von sachverständiger Seite wert zu sein scheint, hält die Behandlung sonstiger Krankheiten durch Heilmittel, die aus Bienen hergestellt sind, keiner ernsthaften Würdigung stand. Sowohl die homöopathischen Mittel, als auch die Bienentees, Bienensalben, Bienenpflaster sind von fragwürdiger Beschaffenheit und Wirkung.

Der *giftige Honig* hat mit dem Bienengift nichts zu tun. Bekanntlich haben *Xenophon*, *Plinius*, *Aristoteles* und andere Schriftsteller des Altertums über Krankheitserscheinungen nach Genuß von Honig berichtet, und noch heute hören wir von solchen Fällen, die mit nervösen Symptomen, Schwindel, Übelkeit, Blutandrang, Magen- und Darmerkrankungen einhergehen. Auch Todesfälle sind beschrieben. Soweit unsere Kenntnisse reichen, stammt der verdächtige Honig von Bienen, die aus giftigen Pflanzen, wie Aconit, Schierling, Rhododendron, Lorbeer, Jasmin usw. ihren Nektar gesammelt haben. In überseeischen Ländern sollen solche Erkrankungen weit häufiger sein als bei uns. So sind beispielsweise in den Südstaaten von Nordamerika gewisse Gegenden dafür bekannt, daß ihr Honig häufig Unwohlsein und schwere Störungen der Gesundheit verursache. Nach diesen Erfahrungen erscheinen also die Berichte *Xenophons*, die in ihren Einzelheiten genau beschrieben werden, durchaus glaubhaft, wenn auch bei den 10 000 Erkrankungen eine Übertreibung vorliegen mag.

Überblicken wir zum Schluß noch einmal kurz die Geschichte des Bienenstiches, so sehen wir, daß die Menschheit sich seit den ältesten Zeiten mit diesem Gegenstand beschäftigt hat. Andererseits gehören heute die eng damit verknüpften Fragen der Immunisierung, der Reaktion gesunder und kranker Menschen auf abnorme Reize, die Einführung körperfremder Eiweißstoffe in den Organismus und die darauf gegründeten Heilmethoden zu den aktuellsten Gebieten der Medizin. Die Erfahrungen über den Stich der Biene können dazu nach dem Gesagten manchen Beitrag liefern.

Literatur.

- Behrens, D.: Erkrankungen und Todesfälle durch Insektenstiche. Inaug.-Diss. Würzburg 1920. (Aussländische Literatur!).
v. Buttel-Reepen, W.: Was muß der Imker von der Ameisensäure wissen. Bienenwirtschaftl. Zentralblatt Nr. 2, 1922.
Cohn, S.: Beiträge zur Kenntnis des Bienengiftes. Inaug.-Diss. Würzburg 1922.
Dold, H.: Immunisierung gegen Bienengift. Zeitschr. für Immunitätsforschung und experimentelle Therapie. I. Original. Bd. 26, Heft 3, S. 28. (1917).
Faust, E. St.: Tierische Gifte. Braunschweig 1906.

- Flury, F.*: Über die Bedeutung der Ameisensäure als natürlich vorkommendes Gift. *Berichte der Deutschen Pharmaz. Gesellsch.*, Heft 9, 29. Jahrg. (1919).
- Über die chemische Natur des Bienengiftes. *Archiv f. experim. Pathologie und Pharmakologie*. Bd. 85, Heft 5 und 6, S. 319 (1920).
- Fontana, F.*: Abhandlung über das Viperngift. Berlin 1787 bei C. T. Hünburg.
- Held, Fr.*: Beiträge zur medizinischen Bedeutung des Bienengiftes. Inaug.-Diss., Würzburg 1922.
- Keiter, A.*: Rheumatismus und Bienenstichbehandlung. Der heutige Stand derselben. Wien und Leipzig. Franz Deuticke 1914.
- Langer, J.*: Über das Gift unserer Honigbiene. *Arch. f. experim. Pathol. u. Pharm.* 33, 381 (1896).
- Versuche zur Anwendung von Bienenstich und Bienengift als Heilmittel bei chronisch-rheumatischen Erkrankungen des Kindesalters. *Jahrb. für Kinderheilkunde*, Bd. 81 (1915).
- Merl, Th.*: Der Bienenkörper als Ameisensäureträger. *Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel sowie der Gebrauchsgegenstände*. Bd. 42, Heft 9/10 (1921).
- Morgenroth und Carpi*: Über ein Toxolecithid des Bienengiftes. *Ber. klin. W.*, Nr. 44, S. 1424 (1906).
- Tertsch, R.*: Das Bienengift im Dienste der Medizin. Wien 1912.

Neuere Beobachtungen über den Zusammenhang elektrischer und optischer Erscheinungen*).

Von B. Gudden und R. Pohl, Göttingen.

Die Erkenntnis der engen Verknüpfung optischer und elektrischer Erscheinungen gehört seit *Maxwell* und *Hertz* zum klassischen Bestande unseres physikalischen Wissens. Wer etwa um das Jahr 1900 fragte, wie die Dispersion und Absorption des Lichtes zustande kommt, bekam darauf ungefähr folgende Antwort: Das Licht besteht aus elektrischen Wellen, es ist nichts weiter als ein in Querwellen fortschreitendes elektrisches Feld. In den materiellen Atomen und Molekülen befinden sich Elektronen. Ein Teil von ihnen ist quasielastisch gebunden, d. h. sie können Eigenschwingungen um eine Ruhelage ausführen. Kommt nun die elektrische Welle des einfallenden Lichtes, so regt sie die Elektronen zu erzwungenen Schwingungen an. Schwingende Elektronen sind kleine Antennen: Sie strahlen ihrerseits Wellen von der Frequenz der ihnen aufgezwungenen Schwingungen aus. Der elektrische Vektor der erregenden und der erregten Welle sind gegeneinander phasenverschoben, und zwar um einen Betrag, der vom Verhältnis der Lichtfrequenz zur Elektronenfrequenz abhängt. Beide Wellen addieren sich zu einer resultierenden. Auch diese ist gegen die einfallende Welle phasenverschoben. Hinkt sie hinter der einfallenden her, so bedeutet das eine verringerte Geschwindigkeit oder einen Brechungsindex größer als 1. Auf diese Weise läßt sich der experimentell beobachtete Verlauf des Brechungsindex im Spektrum zwanglos wiedergeben.

Das wäre die Dispersion. Und die Absorption? Die Umwandlung der Lichtenergie in Wärme?

*) Vortrag, gehalten am 10. November 1922 im Verwaltungsbau der Siemens-Schuckert-Werke.

Sehr einfach: die quasielastischen Schwingungen sind gedämpft. Ihre Bewegungen werden durch Reibungskräfte gehemmt. Diese Reibung entnehmen wir einfach dem wohlbekannten Mechanismus der elektrischen Leitung, für die das Ohmsche Gesetz gilt.

So etwa hätte man 1900 gesagt. Das Problem der Lichtabsorption und Dispersion galt in seinen wesentlichen Zügen für erledigt; Denn über die etwas reichlich formal eingeführte quasielastische Bindung der Elektronen in den Atomen und Molekülen konnte man billigerweise keine nähere Auskunft verlangen.

Und heute? Heute glauben wir, dank der großartigen Erfolge *Bohrs*, manches vom Aufbau der Atome und Moleküle zu wissen. Das *Bohrsche* Modell, das die Atome als Planetensysteme behandelt, dürfen wir hier in großen Zügen als bekannt voraussetzen. Für quasielastisch gebundene Elektronen mit Reibungsdämpfung ist kein Platz in ihnen. Damit ist der klassischen Auffassung der Lichtdispersion und Absorption der Boden entzogen. — Und der Mechanismus des Ohmschen

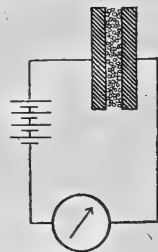


Fig. 1. Anordnung zum Nachweis der elektrischen Leitfähigkeit von Kristallen während der Phosphoreszenz. Der Kreis besteht aus Batterie, Galvanometer und einem mit phosphoreszierenden Kristallen gefüllten Kondensator.

Gesetzes, dem wir oben das Attribut „wohlbekannt“ gaben? Wie soll man im einzelnen die Stromwärme mit den Bohrschen Planetenbahnen zusammenreimen? — Es bleibt nichts als das lehrreiche Eingeständnis, daß wir heute nach 20 Jahren über Dispersion und Absorption des Lichtes und den Mechanismus der Ohmschen Leitung einmal wieder vollkommen im Unklaren sind. Derartige Schwierigkeiten sind häufig in der Physik. Aber ein Ausweg bleibt immer: nach neuen Tatsachen suchen, die weiterhelfen. Derartige Tatsachen erwarten wir von Beobachtungen, über die wir im folgenden berichten dürfen.

Eine der Grundlagen des Bohrschen Atombildes ist ein von *Lenard* schon 1910 aufgestellter Satz. Dieser besagt, daß jede Lichtemission erfolgt, indem ein Elektron von einer neuen in eine alte Lage zurückkehrt, also eine räumliche Umlagerung erfährt. Der Versuch schien aussichtsreich, diese Bewegung der Elektronen für einen besonderen Fall der Lichtemission auf einem einfachen Wege nachzuweisen. Wir dachten an den Vorgang der Phosphoreszenz. Ein Phosphor wird

durch gewisse Lichtwellen erregt. Nach der Erregung klingt er allmählich unter Emission seines Phosphoreszenzlichtes ab. Im Lenardschen Bilde heißt das: Die Erregung bringt die Elektronen in eine neue Lage oder, wie man heute sagt, Energiestufe. In dieser verweilen sie etliche Zeit, um dann als Ursache der Lichtemission zurückzukehren.

Um den Nachweis dieser Bewegung zu versuchen, wurden etliche kleine phosphoreszenzfähige Kristalle in einen aus Batterie und Galvanometer gebildeten elektrischen Kreis geschaltet (Fig. 1). Unerregt und im Dunklen waren diese Kristalle sehr vollkommene Isolatoren. Auch zuvor erregt und dann mit schwacher Lichtemission abklingend, zeigen sie während dieser Lichtemission kein galvanometrisch nachweisbares Leitvermögen. Man kann jedoch den Phosphor durch Bestrahlung mit ultrarotem Licht in kurzer Zeit und daher mit großer Helligkeit abklin-

trische Leitfähigkeit doch als vereinzelte Eigenschaft weniger Stoffe dazustehen. Statt dessen ergab sich nun eine sehr allgemeine Verbreitung: Ein Stoff, gleichgültig ob Element oder Verbindung, braucht nur einen hohen optischen Brechungsindex zu besitzen, um lichtelektrische Leitfähigkeit zu zeigen.

Diese unerwartete Beziehung zum Brechungsindex verlangte eine nähere Untersuchung. Zunächst schienen die Aussichten wenig günstig. Denn alle neu gefundenen Substanzen zeigten mehr oder minder starke Trägheitserscheinungen. Der Strom steigt erst langsam nach Einsatz der Belichtung an, bleibt auch nach Schluß der Belichtung bestehen und fällt nur langsam wieder ab. Fig. 2 gibt als krasses Beispiel einige Messungen am CdS (Mineral Greenockit). Wer die riesige Selenliteratur kennt, weiß, daß die Erforschung des Selenproblems seit Jahren durch die Trägheitserscheinungen auf einem toten Punkte angekommen ist. Die Trägheitserscheinungen beweisen, daß wir in der lichtelektrischen Leitfähigkeit eine zusammengesetzte Erscheinung vor uns haben. Es folgen sich in ihr mehrere Vorgänge zeitlich und ursächlich aufeinander. Es liegt hier offenbar entsprechend wie im Gebiete

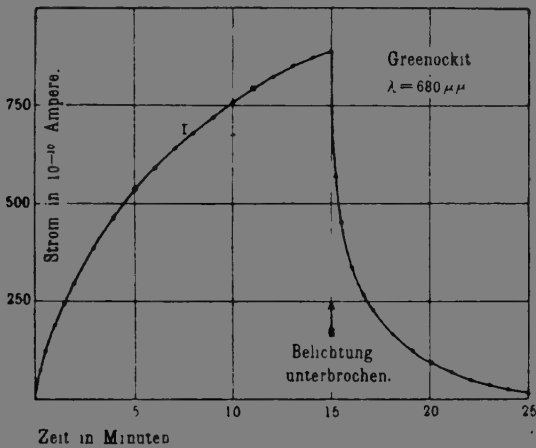


Fig. 2. Die Figur zeigt den trägen Anstieg und den trägen Abfall des gesamten lichtelektrischen Stromes in Kadmiumsulfid (Greenockit).

gen lassen. Dann macht das Galvanometer während dieses hellen Leuchtens¹⁾ einen erheblichen Ausschlag, ein Zeichen, daß sich während des Lichtemissionsvorganges tatsächlich Elektronen in den phosphoreszierenden Kristallen bewegen. — Der Vorgang läßt sich auch umkehren: Man kann durch Anlegen, vor allem durch plötzliches Anlegen, eines elektrischen Feldes an einen Phosphor die Helligkeit seiner Emission erhöhen. Es sieht so aus, als ob das elektrische Feld die Elektronen aus ihrer neuen Lage losreißt und somit die Rückkehr in die ursprüngliche begünstigt.

Derartige Versuche führten nun zu einer weiteren Beobachtung. Es ist bekannt und schon längst technisch ausgenutzt, daß Selen und manche andere Stoffe durch Belichtung eine höhere elektrische Leitfähigkeit bekommen. Aber bisher schienen diese, wie man kurz sagt, lichtelek-

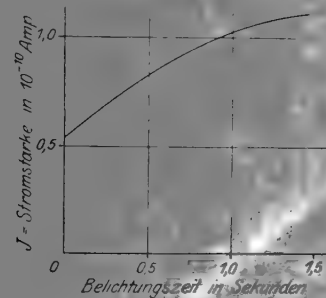


Fig. 3. Die Figur zeigt schematisch den trägheitslosen Einsatz des lichtelektrischen Stromes mit einem endlichen Anfangswert.

der Gasentladungen, bevor man die Kathodenstrahlen als den einfachen primären Vorgang der überaus verwickelten bunten Erscheinungen erkannte. Es kam darauf an, aus den zusammengesetzten lichtelektrischen Leitfähigkeitsercheinungen ebenfalls einen einfachen, primären Vorgang abzutrennen. Für eine solche Trennung schien es von vornherein günstig, daß einige der neu gefundenen stark lichtelektrisch leitenden Kristalle an sich sehr vollkommene Isolatoren waren, z. B. Diamant und ZnS. Bei ihnen fehlte also die ihrem Wesen nach ebenfalls ungeklärte Leitfähigkeit, die das Selen²⁾ schon im Dunklen besitzt.

An diesen Isolatoren gelang in der Tat die Abtrennung des primären Vorganges. Wesentlich für den Erfolg war die Beschränkung auf winzige

¹⁾ Sehr rasch und hell abklingende Phosphore zeigen die der Phosphoreszenzhelligkeit parallele gehende Leitfähigkeit auch ohne den Kunstgriff der Bestrahlung mit ultrarotem Licht.

²⁾ Gemeint ist die metallische Modifikation, die bisher allein zur technischen Verwendung gekommen ist. Die lichtelektrische Leitfähigkeit der isolierenden roten Modifikation ist unseres Wissens bisher unbekannt gewesen.

räumliche Lichtdichten und ganz kurze Belichtungszeiten. Unter diesen Umständen setzt der lichtelektrische Strom (im Gegensatz zu Fig. 2) völlig träge mit einem endlichen, stets reproduzierbaren Anfangswert ein (vgl. Fig. 3). Wir nennen diesen endlichen Anfangswert den Primärstrom J_p . Im weiteren Verlauf der Belichtung überlagert sich diesem primären Strom ein sekundärer Strom J_s . Er wächst meist unübersichtlich an, um endlich stationär zu werden. Er ist die Ursache all der zahlreichen verwickelten Erscheinungen, die man in der bisherigen Selenliteratur untersucht hat. Wir lassen hier diesen Sekundärstrom zunächst völlig beiseite. Am Schluß kommen wir auf ihn mit einigen Worten zurück.

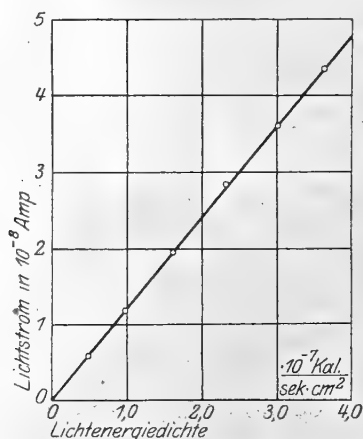


Fig. 4. Die Figur zeigt für Zinkblende die Proportionalität des primären lichtelektrischen Stromes zur Lichtenergie. Kal heißt hier wie in allen weiteren Figuren Grammkalorie.

Für den Primärstrom lassen sich einfache, klare Aussagen machen. Er zeigt, wenn auch nur formal, eine weitgehende Analogie zur unselbständigen Gasentladung, die wir bei einer Volumionisation eines Gases beobachten.

Der Primärstrom ist der Energie des auffallenden oder, wenn wir wollen, ionisierenden Lichtes in aller Strenge proportional. Fig. 4 gibt einige Beispiele für kristallisiertes Zinksulfid.

Der Primärstrom steigt mit wachsender Spannung bis zu einem Sättigungswert. Die Fig. 5 gibt typische Beispiele für Zinksulfid und Zinnober.

Es ist nicht notwendig, den Kristall auf seiner ganzen Länge zwischen den Elektroden zu bestrahlen. Es genügt (Big. 6) die Belichtung einer Teilstrecke b . — Es ist gleichgültig, ob sich diese Teilstrecke in der Mitte oder in der Nähe einer der Elektroden befindet. Weiter setzt sich der lichtelektrische Primärstrom additiv aus den Beiträgen zusammen, die die einzelnen Streifen b liefern. Es ist daher auch gleichgültig, ob man eine gegebene Lichtenergie gleichmäßig über die ganze Kristallbreite verteilt oder auf einen oder mehrere schmale Streifen b beschränkt. Die Ähn-

lichkeit zu den klaren einfachen Verhältnissen der unselbständigen Gasentladung mit Volumionisation geht außerordentlich weit. Doch bleibt eine Abweichung, die auf einen Unterschied im Mechanismus beider Vorgänge hinweist: Im lichtelektrisch leitenden Kristall gilt die Proportionalität des Primärstromes mit der wirkenden Lichtenergie für alle Spannungen, während sie bei der unselbständigen Gasentladung nur oberhalb der Sättigungsspannung erfüllt ist.

Der Mechanismus des Primärstromes besteht in einer Abspaltung und Abwanderung negativer Träger, und zwar höchstwahrscheinlich vom Elektronen. Das zeigt die Tatsache, daß die belich-

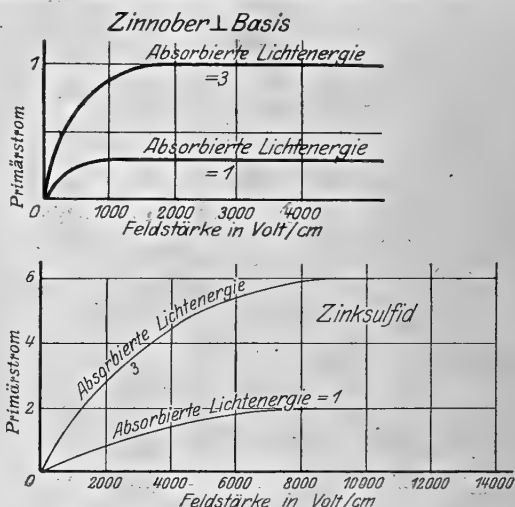


Fig. 5. Die beiden Schaubilder zeigen für Zinnober und Zinkblende die Proportionalität zwischen lichtelektrischem Sättigungsstrom und absorbierter Lichtenergie. Sie zeigen weiter, wie die Sättigung im Zinnober mit höherem optischen Brechungsindex ($n \sim 2,9$) bei kleineren Feldstärken erreicht wird als im Zink mit $n \sim 2,3$.

teten Kristallteile eine positive Raumladung annehmen. Man beweist das am einfachsten in einer Anordnung, wie sie Fig. 7 zeigt. Die positive Raumladung wirkt influenzierend auf eine mit dem Elektrometer verbundene Sonde.

Nach Klarstellung dieser Tatsachen ergaben sich 2 weitere Fragestellungen: 1. Welche Bedingungen bestimmen die Abspaltung der Träger? 2. Wie erfolgt die Weiterleitung der Träger durch den isolierenden Kristall? Die erste Frage hängt aufs innigste mit dem Problem der Lichtabsorption und Dispersion zusammen, die zweite mit dem der elektrischen Leitung im festen Körper. Die zweite Frage haben wir bisher völlig zurückgestellt. Wir können noch nicht einmal sicher angeben, ob die den isolierenden Kristall durchwandernden Elektronen an der Grenzfläche in die Anode eintreten, ob und wie seitens der Kathode eine Nachlieferung erfolgt, und ähnliches mehr. Wir haben unser Augenmerk zunächst auf die erste Frage, auf den *Vorgang der Abspaltung*, gerichtet und deren Zusammenhang mit optischen Daten zu ermitteln versucht.

Wir erwähnten oben (S. 349, Spalte rechts), daß ein hoher Brechungsindex eine hinreichende Bedingung für lichtelektrische Leitfähigkeit sei. Dieser Zusammenhang einer optischen Größe mit der lichtelektrischen Leitfähigkeit läßt sich jetzt schärfer fassen. Die Sättigungsspannung erweist sich der Kristalldicke proportional. Man hat daher von einer Sättigungsfeldstärke zu sprechen. Diese Sättigungsfeldstärke E_s ist für einen gegebenen Kristall bzw. eine gegebene Kristallrichtung eine von der Lichtwellenlänge unabhängige charakteristische Konstante. E_s ist um so niedriger, je höher der (praktisch konstante) Brechungsindex n_r im Roten oder Ultraroten ist. Das zeigt schon ein Blick auf die Fig. 5. Für Zinksulfid ist $n_r = 2,26$ und $E_s \sim 9000$ Volt/cm. Für Zinnober senkrecht zur Basis ist $n_r = 2,9$ und E_s nur etwa gleich 1000 Volt/cm.

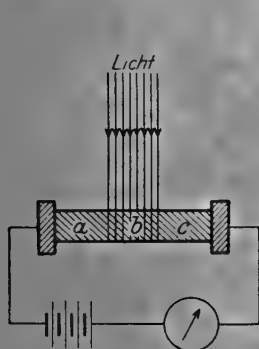


Fig. 6. Anordnung zum Nachweis, daß ein isolierender Kristall auch dann lichtelektrisch leitet, wenn nur die Teilstrecke b beleuchtet wird.

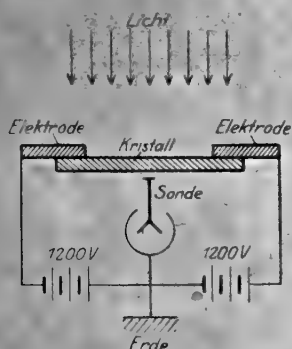


Fig. 7. Anordnung zum Nachweis der positiven Volumenladung, die infolge Abwanderung der Elektronen im Innern des isolierenden Kristalls auftritt. Die positive Raumladung beeinflusst die mit einem Elektrometer verbundene Sonde.

Noch allgemeiner erhellt dieser Zusammenhang aus der Tafel 1, in der eine größere Anzahl wenigstens roh untersuchter Stoffe aufgeführt sind. Wir finden bei $n \sim 2$ hohe (h) Sättigungsfeldstärken (einige 10^4 Volt/cm). Bei $n \sim 2,5$ mittlere (m) (einige 10^3 Volt/cm), bei $n \sim 3$ niedrige (n). Bei $n > 3$ sehen wir Halbleiter, d. h. elektronisch leitende Stoffe mit negativem Temperaturkoeffizienten ihres Widerstandes. In diesem Falle scheinen schon die inneren Wärmeprozesse bei Zimmertemperatur die Weiterleitung der Elektronen in schwachen elektrischen Feldern zu ermöglichen.

Lichtelektrische Leitfähigkeit und hoher Brechungsindex sind vornehmlich an bestimmte Metallionen geknüpft, z. B. an Pb^{++} , Tl^{+} , Hg^{++} . Doch genügt das Kation allein keineswegs. Das zeigt beispielsweise Bleinitrat oder -sulfat $n \sim 1,7$ und ohne nachweisbare lichtelektrische Leitfähigkeit. Sehr beweisend ist auch, daß die starkbrechenden $Er_2Pt_3Cy_{12} + 21H_2O$ und $YtPtCy_4 + 7H_2O$ trotz ihres hohen Kristallwassergehaltes lichtelektrisch leiten, während die ganz ähnlich gebauten

Tabelle 1.

Zusammenstellung lichtelektrisch leitender Elemente und Verbindungen mit Angaben über den Brechungsindex für lange Lichtwellen.

Zusammen- setzung	Bezeichnung	Her- kunft	n_r	Sätti- gungs- feldstärke
C.	Diamant	mineral.	2,34	m.
S.	rhomb.	miner. u.	α 1,89	h.
	Schwefel	synthet.	γ 2,13	
Se.	rotes Selen	synthet.	~ 3	n.
J.	Jod	s.	4?	Halb- leiter
TiO ₂ ...	Anatas	m.	$\sim 2,5$	n.
	Rutil	m.	$\sim 2,5$?
ZnS.	Zinkblende reg.	m.	2,26	n.—m.
	Wurtzit	s.		
As ₂ S ₃ ...	Realgar	m.	$> 2,6$	n.
Mo ₂ S ...	Molybdänit	m.	~ 4	Halb- leiter
Ag ₂ S ...	Akanthit	m.	~ 4	"
Ag ₃ S ₃ As	Proustit	m.	$\sim 3,0$	"
Ag ₃ S ₃ Sb	Pyrargyrit	m.	$\sim 2,9$	"
CdS.	Greenockit	m.	$\sim 2,7$	n.
Sb ₂ S ₃ ...	Antimonglanz	m.	~ 4	Halb- leiter
Sb ₂ O ₃ ...	Senarmontit	m.	~ 2	m.
HgS.	Zinnober	m.	ω 2,63	m.—n.
			ϵ 2,89	
HgCl ₂ ...	Sublimat	s.	~ 2	h.
Hg ₂ Cl ₂	Calomel	s.	ω 1,95	h.
			ϵ 2,55	m.
HgJ ₂ ...	Quecksilber- jodid	s.	$>> 2$	n.
TiCO ₃ ...	Thallocarbonat	s.	~ 2	h.
TlAsS ₂	Lorandit	m.	$\sim 2,5$	n.
PbCl ₂	Bleichlorid	s.	~ 2	h.
PbJ ₂ ...	Bleijodid	s.	$>> 2$	n.
Pb(CO ₃)	Cerussit	m.	2,0	m.—h.
PbMoO ₄	Wulfenit	m.	2,3	m.
PbCrO ₄	Krokoit	m.	ω 2,3	n.
			ϵ 2,8	
Er ₂ Pl ₃ Cy ₁₂ + 21 H ₂ O		s.	> 2	m. (?)
YtPtCy ₄ + 7 H ₂ O		s.	> 2	m. (?)

Verbindungen $MgPtCy_4 + 7H_2O$ und $BaPtCy_4 + 4H_2O$ mit $n \sim 1,4$ vom Licht nicht beeinflusst werden. Es ist nach alledem kein Zweifel, daß der hier gefundene Zusammenhang zwischen Sättigungsfeldstärke und optischem Brechungsindex durch spätere Messungen auch zahlenmäßig wiedergegeben werden wird.

Statt dessen haben wir zunächst den Zusammenhang des Primärstromes mit der erregenden Wellenlänge untersucht. Dabei ergab sich ganz allgemein für jede Substanz eine charakteristische Abhängigkeit, wenn man die Zahl der freigemachten Elektronen pro Einheit der auffallenden Lichtenergie ermittelt. Diese Zahl, kurz die *Ausbeute* genannt, steigt erst mit steigender Frequenz des Lichtes, um dann hinter einem

Maximum oft sehr steil abzufallen. Der Typ dieser Kurven war für Selen und etliche andere Stoffe seit langem bekannt. Die Fig. 8 und 9 geben Beispiele für Bleikarbonat und

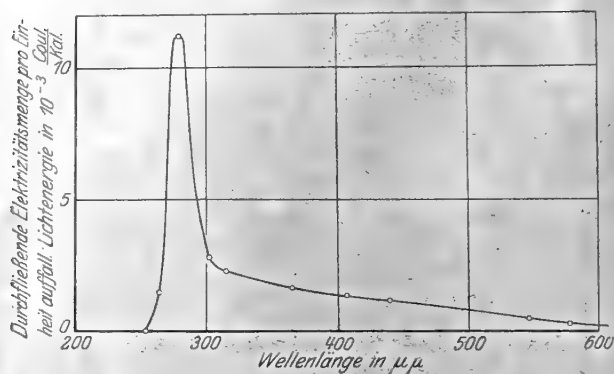


Fig. 8. Die Kurve zeigt, bezogen auf gleiche auftretende Lichtenergie, für Cerussit (Bleikarbonat) die Abhängigkeit der lichtelektrisch ausgelösten Elektrizitätsmengen von der Wellenlänge des Lichts. (Der Kristall war optisch nicht klar. Die Spannung betrug 800 Volt bei einem Elektrodenabstand von 0,45 cm.)

Diamant. Man beachte, daß der wasserklare Diamant an sich das Musterbeispiel eines Isolators, noch durch rotes Licht erregbar ist! Doch ist dafür große optische Reinheit der Kristalle er-

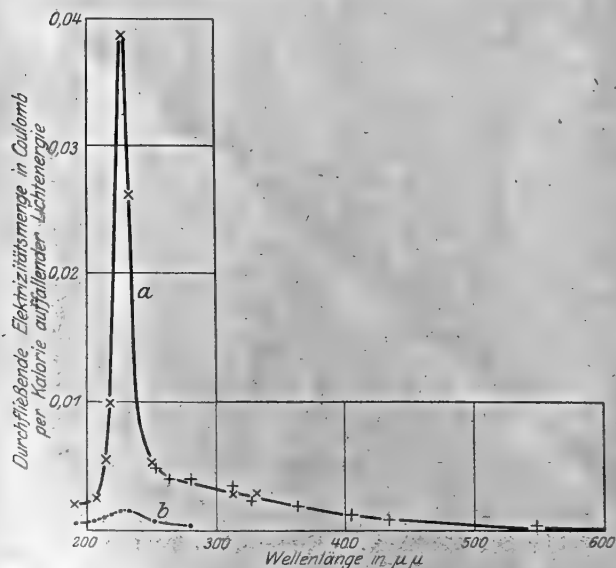


Fig. 9. Die Kurven zeigen, bezogen auf gleiche auftretende Lichtenergie, für Diamanten die Abhängigkeit der lichtelektrisch ausgelösten Elektrizitätsmengen von der Wellenlänge des Lichts. Kurve *a* bezieht sich auf den reinsten verfügbaren Diamanten, Kurve *b* auf einen solchen mit optisch nachweisbaren Verunreinigungen. (Die lichtelektrischen Ströme waren nicht gesättigt, die Ausbeuten sind daher nicht die größtmöglichen.)

forderlich. Beimengungen, die sich in der optischen Absorption bemerkbar machen, verringern die lichtelektrische Ausbeute um Zehnerpotenzen. Die Fig. 9, Kurve *b*, gibt ein Beispiel für einen

Diamanten, bei dem bei $\lambda = 230 \mu\mu$ eine Fremdabsorption merklich wird.

Das Maximum der lichtelektrischen Leitfähigkeit liegt stets dort, wo die Eigenabsorption des Kristalles einsetzt und der Kristall in etwa 1 mm dicker Schicht alles einfallende Licht verschluckt.

Die spektrale Verteilungskurve ist physikalisch unbefriedigend, solange der Ausbeute die auffallende und nicht die absorbierte Lichtenergie zugrunde gelegt wird. Denn es ist klar, daß der Verlauf des Kurvenzuges zum mindesten dadurch erheblich entsteht wird, daß im Gebiete der längeren Wellen große Teile der Lichtenergie ungenutzt durch den Kristall hindurchgehen. Leider ist die Aufgabe, die Messungen auf absorbierte Lichtenergie zu beziehen, technisch mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft, da uns Kristalle hinreichender Reinheit trotz vieler Bemühungen nur in Größe weniger Kubikmillimeter

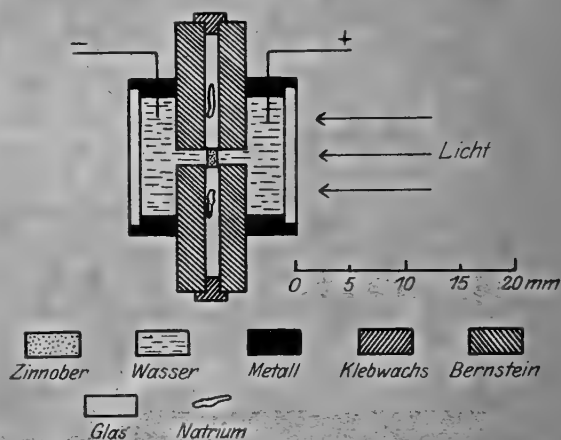


Fig. 10. Die Schnittzeichnung zeigt die Anbringung der Wasserelektroden an dem kleinen Zinnoberkristall.

zur Verfügung stehen. Es muß beispielsweise ein Zinnoberwürfel von nur etwas über 1 mm Kantenlänge zwischen zwei durchsichtige Flüssigkeits Elektroden so eingesetzt werden, daß die Isolation im Dunklen auch bei etlichen Hundert Volt Spannung noch so groß ist, daß ein Galvanometer von 10^{-11} Amp. Empfindlichkeit in Ruhe bleibt. Die Fig. 10 zeigt, wie das nach vielen Versuchen gelungen ist. Dann muß noch an dem gleichen Stück das absorbierte Licht mittels lichtelektrischer Photometrie ermittelt werden. Hier liegt die Schwierigkeit darin, daß die zerstreute Lichtenergie oft ein Vielfaches der wirklich geschluckten ist. Trotz alledem ist es durch Häufung der Beobachtungen schließlich gelungen, wenigstens für drei Kristalle, Zinkblende, Zinnober und Diamant die Absorptionskonstante mit der erforderlichen Genauigkeit zu erhalten, um die Ausbeute auf die wirklich geschluckte Lichtenergie umzurechnen. Die Fig. 11–13 geben die Ergebnisse. Sie zeigen gegenüber den auf auffallende Energie bezogenen Ausbeuten ein grundsätzlich geändertes Aussehen. Statt des Abfalls in Rich-

tung längerer Wellen tritt ein innerhalb der Versuchsfehler linearer Anstieg. Am besten läßt er sich am Diamant verfolgen, in dem z. B. bei $\lambda = 436 \mu\mu$ nur noch rd. 1% der auffallenden Lichtenergie geschluckt wird.

Dieser lineare Anstieg in Richtung längerer Wellen ist ein sehr bemerkenswertes Ergebnis: Die Neigung der Geraden ist innerhalb der Versuchsfehler diejenige, die man bei Gültigkeit des Quantenäquivalentsatzes erwarten sollte. Unter diesem Satz versteht man die Tatsache, daß auf das einzelne Elementarereignis, hier also die Abspaltung eines Elektrons, gerade der Plancksche Energiebetrag $h\nu$ entfällt. Er verlangt also, daß bei der Absorption von Q cal Lichtenergie der

Frequenz ν insgesamt $N = \frac{Q}{h\nu}$ Elementarereignisse,

hier also Elektronen zur Beobachtung gelangen, d. h. eine mit der Wellenlänge linear ansteigende

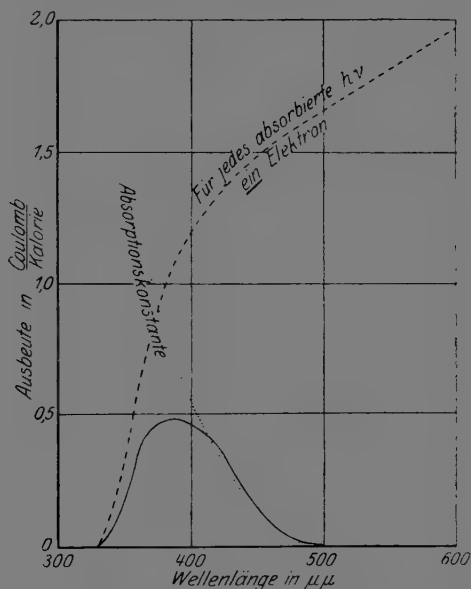


Fig. 11. Die gestrichelte Kurve zeigt, bezogen auf absorbierte Lichtenergie, für Zinkblende die Abhängigkeit der lichtelektrisch ausgelösten Elektrizitätsmengen von der Wellenlänge des Lichtes. Sie entsteht aus der für gleiche auffallende Lichtenergie beobachteten ausgezogenen Kurve durch Berücksichtigung der am gleichen Kristall gemessenen und punktiert eingetragenen Absorptionskonstanten. Die Absolutwerte der Ausbeuten entsprechen für $\lambda > 400 \mu\mu$ dem Quantenäquivalentgesetz, der Wellenlängenbereich ist aber zu klein, um die Neigung der gestrichelten Geraden sicherzustellen.

Zahl. Ja noch mehr: Nicht nur die Neigung der Geraden entspricht dem Quantenäquivalentsatz, sondern auch der absolute Wert der Elektronenzahlen. Die Abweichungen liegen durchaus innerhalb der Beobachtungsfehler.

Wir gelangen also durch die lichtelektrische Leitfähigkeit zu dem Ergebnis, daß die Lichtabsorption in durchsichtigen Kristallen als Quantenvorgang anzusehen ist. Das in der Einleitung skizzierte klassische Bild der absorbierenden Elektronen mit gedämpften Eigenschwingun-

gen muß durch eine Quantenbetrachtung ersetzt werden. Ist diese Tatsache zunächst auch nur für Kristalle mit hohem Brechungsindex erwiesen, so kann doch kaum ein Zweifel herrschen, daß ganz allgemein die Vorgänge der Dispersion und Absorption im festen Körper nach den Quantengesetzen geregelt werden.

Das Quantenäquivalentgesetz gilt, wie ein Blick auf die Fig. 11-13 zeigt, nur in den Spektralgebieten, in denen die Kristalle

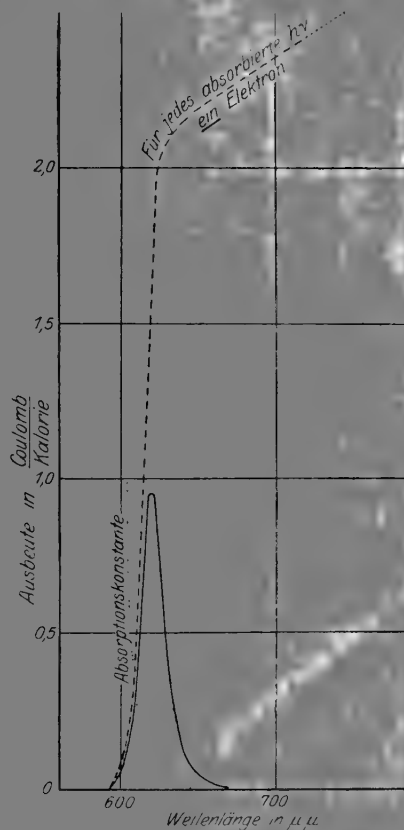


Fig. 12. Die Figur zeigt die Gültigkeit des Quantenäquivalentgesetzes für die lichtelektrischen Ströme im Zinnober. Die ausgezogene Kurve bezieht sich auf gleiche auffallende Lichtenergie. Aus ihr ist die gestrichelte für absorbierte Lichtenergie durch Berücksichtigung der am gleichen Kristall gemessenen, punktierten Absorptionskonstanten berechnet. Die Absolutwerte der Ausbeuten entsprechen für $\lambda > 630 \mu\mu$ dem Quantenäquivalentgesetz. Der Wellenlängenbereich ist aber zu klein, um die Neigung der gestrichelten Geraden sicherzustellen.

noch durchsichtig sind, zum Teil sogar so wenig schlucken, daß man, wie z. B. im Diamanten im Roten, wohl kaum an einen merklichen Wert der Absorption gedacht hat. Bei Annäherung an das eigentliche Absorptionsgebiet sinkt die Ausbeute weit unter das Äquivalent herunter, im Gebiet der Undurchsichtigkeit bis auf Null.

Zunächst liegt es nahe, hier an eine Fehlerquelle zu denken: den Einfluß zu geringer Lichteindringungstiefe. Es könnten sich z. B. im Falle metallischer Absorption in einer sehr dünnen

Oberflächenschicht die Elektronen infolge anfänglicher Wiedervereinigung dem Nachweis durch die lichtelektrische Leitfähigkeit entziehen. Dieser Einwand ist jedoch leicht zu widerlegen. Der Abfall tritt bereits bei solchen Wellenlängen ein, die noch die ganze Dicke des Kristalles merklich durchsetzen. Es muß demnach im Absorptionsgebiet ein neuer Vorgang einsetzen, über den wir zunächst noch gar nichts wissen. Man kann einstweilen nur experimentell feststellen, daß Elektronen mit einem $h\nu$ über einem gewissen Grenzwert nicht mehr als Leitungselektronen nachgewiesen werden können.

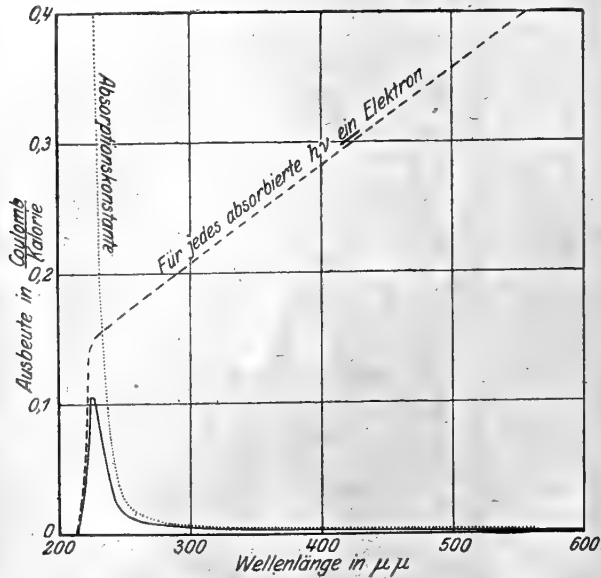


Fig. 13. Fig. 13 zeigt die Gültigkeit des Quantenäquivalentgesetzes für den Diamanten. Die Neigung der gestrichelten Geraden entspricht in weitem Wellenlängenbereich durchaus dem Quantenäquivalentgesetz. Doch stimmen die Absolutwerte der Ausbeute nur der Größenordnung nach.

Wie das zu deuten ist, steht dahin. Man gelangt damit wieder zum Problem des Leitungsvorganges in Kristallen, das wir oben zunächst zurückgestellt hatten, aber nun als nächste Frage in Angriff genommen haben. Wir erwähnten schon oben, daß wir nicht wissen, ob sich die Elektronen nur innerhalb des Kristalles verschieben oder von vornherein in die Anode austreten. Damit streifen wir hier noch einmal die Frage des sekundären Stromes, auf den wir zum Schlusse kurz zurückkommen wollten.

Der sekundäre Strom scheint unter anderem mit der Nachlieferung von Trägern aus der bestrahlten Kathode verbunden zu sein, vgl. Fig. 14. Liegt die Kathode im Dunklen, so fehlt unterhalb gewisser Spannungen ein sekundärer Strom, der sich dem primären überlagert. Wir sehen in der unteren Kurve der Fig. 14 nur, daß der lichtelektrische Strom von seinem als J_p definierten Anfangswert zeitlich zu einem stationären Werte abfällt. Dieser Abfall dürfte auf Rechnung

einer Feldverzerrung durch Raumladungen zu setzen sein. Die Frage des Eintritts der Träger an der Kathode ist eng mit dem Problem der Kontaktdetektoren verknüpft. Alle lichtelektrisch leitenden Substanzen mit sehr hohem Brechungsindex sind durch ihre Gleichrichterwirkung bekannt. Auch haben sie eine Sonderstellung durch außerordentlich hohe Thermokräfte. Der innere Zusammenhang dieser Tatsachen bildet den Gegenstand bereits eingeleiteter Versuche, über die wir gelegentlich berichten zu können hoffen. Einstweilen wollen wir uns auf die gesicherten neuen Tatsachen beschränken und diese zum

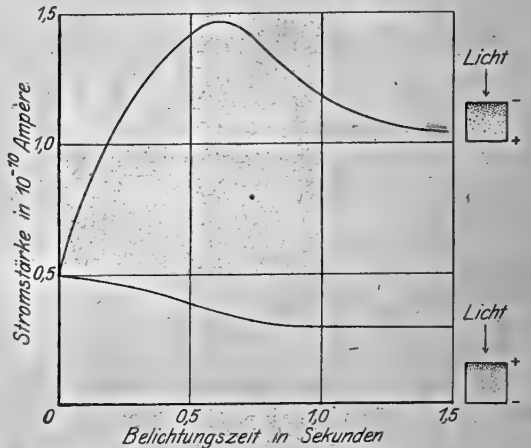


Fig. 14. Die Figur zeigt schematisch den unter gewissen Bedingungen verschiedenartigen zeitlichen Verlauf des gesamten lichtelektrischen Stromes, je nachdem an der Kathode (obere Kurve) oder an der Anode (untere Kurve) die größere Lichtdichte vorhanden ist.

Schluß noch einmal in zwei Sätze zusammenfassen:

1. Die lichtelektrische Leitfähigkeit ist eine allgemeine Eigenschaft aller Kristalle mit hohem Brechungsindex.
2. Die lichtelektrische Leitfähigkeit beruht auf einem Quantenvorgang, der in Gebieten schwacher Absorption dem Äquivalentgesetz genügt.

Die dem Aufsatz zugrunde liegenden Arbeiten finden sich in der Zeitschrift für Physik und in der Physikalischen Zeitschrift, 1920 u. ff.

Eine neue Arbeit über den Gesang der Vögel.

Von Fritz Braun, Danzig.

Die „Verhandlungen der Ornithol. Gesellsch.“ in Bayern bescherten uns jüngst eine Arbeit, die für alle Biologen von hoher Bedeutung ist. Wir meinen Dr. Albrecht Schwans Abhandlung: „Über die Abhängigkeit des Vogelgesanges von meteorologischen Faktoren, untersucht auf Grund physikalischer Methoden“ (Bd. XV, Heft 1 und 2 1921/22).

Der Verfasser machte die Beobachtungen, die er in der Arbeit verwertet, in der Zeit vom 5. März bis zum 31. Juli in dem Kurpark des

Badeortes Wittekind (Halle a. S.). Ständig beobachtet wurden dabei *Turdus musicus*, *Turdus merula*, *Parus maior*, *Fringilla coelebs*, *Oriolus oriolus*, *Phylloscopus rufus*, *Serinus hortulanus*, *Chloris chloris*, *Passer domesticus*. Hinsichtlich dieser Arten suchte der Verfasser festzustellen, inwiefern die tägliche Anfangszeit und die Stärke des Gesanges durch die wechselnde Lichtstärke und durch die mannigfaltigen meteorologischen Einwirkungen beeinflusst werden, die in ihrer Gesamtheit unserem Begriffe des Wetters entsprechen.

Es versteht sich von selbst, daß sich bei diesem Bemühen in sehr vielen Fällen endgültige, unbestreitbare Ergebnisse nicht erzielen lassen, weil die einzelnen Faktoren, die den Gesamtbegriff des Wetters ergeben, sich nicht so auseinanderhalten lassen, daß ihre Wirkung gesondert betrachtet werden kann. Vielleicht geht der Verfasser in dem Bestreben, allen meteorologischen Erscheinungen gerecht zu werden, etwas zu weit, wenigstens dann, wenn wir die Sache von einem rein *praktischen* Standpunkte aus beurteilen. Hinsichtlich des Einflusses der elektrischen Leitfähigkeit der Luft vermag z. B. auch er noch zu keiner rechten Klarheit zu gelangen.

Natürlich erregte diese fleißige Arbeit auch meine lebhafteste Teilnahme, und ich hatte sie nicht bloß *einmal* aufmerksam durchgelesen, als ich sie mit einem aufrichtigen Dankgefühl gegenüber dem Verfasser aus der Hand legte, jenem Dankgefühl, das dem Bewußtsein entspricht, wieder etwas Rechtes gelernt zu haben. Aber ich mußte doch oft genug recht verallgemeinern, ehe ich die Ergebnisse in den Kreis meiner biologischen Vorstellungen einordnen konnte, wodurch schließlich nur wenige, aber dafür um so bedeutsamere Haupttatsachen übrig blieben. In ihnen besteht der hohe Wert dieser gründlichen Arbeit. Daß dem Verfasser im einzelnen manche Irrtümer unterliefen, ist ja selbstverständlich und liegt a priori in der Unvollkommenheit alles Menschlichen begründet. Müssen wir doch fortwährend auf der Hut sein, bestimmte Deutungen biologischer Vorgänge als erwiesen hinzunehmen. Ich erinnere beispielsweise nur an den Fall, wo der Verfasser berichtet, ein gefangener Buchfink habe weniger gesungen, wenn er am Tage vorher reichlich Hanf erhalten hatte. Als ich einstmals einen Danziger Finkenliebhaber vor Hanffütterung warnte, indem ich ihn auf die schädlichen Folgen dieser Nahrung (Blindheit, fehlerhafte Mauser) hinwies, erhielt ich von dem erfahrenen Vogelpfleger die Antwort, er wisse das al's selber, aber der Hanf sei schlechthin unentbehrlich, wenn seine Finken wirklich fleißig schlagen sollten. Das ist ein Beispiel anstatt vieler.

Daß aber meine Dankspflicht gegenüber dem Verfasser durch solche Ausstellungen nicht beeinflusst wird, ergibt sich schon aus dem folgenden Sachverhalt. Durch Beobachtungen an meinen zahlreichen Stubenvögeln hatte ich festgestellt,

daß diese Tiere, die im ungeheizten Zimmer überwintert werden, bei sinkendem Luftdruck am fleißigsten sangen. *Schwans* Beobachtungen erzeugen uns nun von dem Gegenteil. Dennoch bestanden aber auch meine Wahrnehmungen zu Recht. Der Sachverhalt ist einfach der, daß bei sinkendem Luftdruck in der kälteren Jahreszeit die Wärme zu steigen pflegt. Steigende Wärme vermehrt aber die Sangesfreudigkeit der Vögel in sehr hohem Grade, so sehr, daß die entgegengesetzte Wirkung des sinkenden Luftdrucks dadurch vollkommen aufgehoben wird. Hierdurch erklärt sich aber auch schon, warum ich oben sagte, es sei heillos schwer, bei dem Urteil über die Wetterwirkung die einzelnen meteorologischen Faktoren dieses Gesamtbegriffs richtig auseinanderzuhalten. Zu den völlig sicheren Ergebnissen gehört schließlich etwa nur die Feststellung, daß steigende Wärme und steigender Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Sangesfreudigkeit vermehren (auch leichter Regen wirkt daher positiv) und daß auch steigender Luftdruck in derselben Richtung zu wirken pflegt. Dabei müssen wir auch dem, was der Verfasser über den entscheidenden Einfluß des Windes sagt, unbedingt beipflichten; ist doch der Wind für die meisten meteorologischen Veränderungen von ausschlaggebender Bedeutung. Obgleich es zu verstehen wäre, wenn der Verfasser die positiven Ergebnisse seiner Arbeit in den Vordergrund rückte, betont er doch immer wieder die Schwierigkeit, bei dem Zusammenspiel mehrerer Ursachen den eigentlichen Tatbestand festzustellen. Bei der endgültigen Zusammenstellung seiner Schlüsse hätte er das allerdings vielleicht noch mehr unterstreichen können, scheint er es doch Punkt 15 mit der Wortfügung: „Klimatische Messungen müssen möglichst *sämtliche Wetterelemente* berücksichtigen, da viele meteorologische Faktoren verkoppelt vorkommen und deshalb Einzelbestimmungen zu Trugschlüssen Anlaß geben können“ noch immer nicht *genügend* hervorzuheben.

Neben den klimatischen Untersuchungen ist es eins der Hauptziele des Verfassers, für die einzelnen Individuen, Arten und Jahreszeiten die Lichtstärke zu bestimmen, welche er selber *Weckhelligkeit* nennt, weil er meint, durch diese Lichtstärke würden die betreffenden Vögel geweckt und *gleichzeitig* mit Naturnotwendigkeit zu Lautäußerungen veranlaßt.

Sehr dankenswert ist es, daß er über der Art die Individuen nicht vergißt. Gerade hier gelangt er zu einem sehr schönen, klaren Ergebnis, das uns zeigt, wie auch in diesem Falle artliche Gebundenheit im Großen, Wesentlichen und individuelle Abweichungen im Kleinen nebeneinander fortbestehen. Auch bezüglich der verschiedenen Arten gelangt er zu völliger Klarheit, doch hätte er unserer Meinung nach stärker betonen sollen, daß wir es letzten Endes doch mit *besonderen* Fällen zu tun haben, die nicht *unbedingt* typisch sind. Ihnen solche typische Bedeutung abzu-

sprechen, wäre sicherlich völlig verkehrt; täten wir das, so verfielen wir in den entgegengesetzten Fehler. Dennoch fühlen wir uns hier veranlaßt, recht weit nach der gegensätzlichen Richtung zu gehen, um unsere Meinung möglichst deutlich auszudrücken. Der Verfasser weist selber darauf hin, daß er Nachtsänger nicht berücksichtigt hat, und daß er selber beobachtete, manche Sippen (Sylviidae) begannen ihr Tagewerk nicht allso gleich mit Lautäußerungen. Dabei ist zu bemerken, daß die Nachtsänger viel zahlreicher sind, als man in dem ersten Augenblick glauben möchte. Vermutlich hat zur Entwicklung des nächtlichen Gesanges die Lichtfülle des endlosen Polartages ebensoviel beigetragen wie die lange Dauer der äquatorialen Nächte, indem jene die Absonderung der Zeiten des Wachens und Schlafens sehr erschwerte, diese aber für die geschlechtlich stark erregten Vögel viel zu lange währten, als daß sie die Dunkelheit ohne Lautäußerungen hätten überdauern können. Als Beispiele für Nachtsänger jener Vogelgruppe nenne ich *Passerina nivalis* und *Calcarius lapponicus*, während ich mich andererseits wohl erinnere, bei solchen Arten wie *Coccothraustes euclallatus*, *Coccothraustes albigularis* und *Fringilla Hartlaubi* manchem Nachtsänger begegnet zu sein.

Von großer Bedeutung für diese Dinge wird es auch sein, welche Rolle in dem Leben der betreffenden Arten der Lockruf spielt. Manche gesellige Arten beginnen das ganze Jahr hindurch ihr Tagewerk fast unfehlbar mit dem Lockruf, während er bei anderen ziemlich bedeutungslos ist. Ähnlich mögen sich auch Höhlenbrüter dem Lichte gegenüber anders verhalten als Freinister, und solche Arten, die ausgesprochene Saisonsänger sind (ich erinnere etwa an *Muscicapa atricapilla* und *Muscicapa parva*), wieder anders als Jahres-sänger. Daß die Zusammenstellung *Schwans* doch nur bedingterweise typisch ist, wird uns sogleich klar, wenn ich seiner Vogelgruppe eine andere gegenüberstelle, die sich unter Umständen auch von einem und demselben Orte aus beobachten ließe. Ich wähle *Sturnus vulgaris*, *Muscicapa atricapilla*, *Sylvia curruca*, *Emberiza hortulana* und *Galerida cristata*, wobei ich mir als Beobachtungsstätte etwa eine an Felder und Schutthalden grenzende Parklandschaft denke.

Wie stark der Wirkung des Lichtes entgegenkommend innere Erregung die Vögel zu Lautäußerungen treibt, zeigt uns ja schon ihr Gesang im Traumzustand, ein Vorgang, der durchaus nicht nur eine Erfindung lyrischer Dichter ist. Ich selber besitze z. B. augenblicklich einen *Sturnus vulgaris*, der sehr häufig im Traume singt. Auch die in manchen Ländern übliche Sitte, gefangene Buchfinken zu blenden, um sie zu fleißigeren Sängern zu machen, sollte in diesem Zusammenhange überdacht werden.

Wie *Schwan* dazu gekommen ist, bei seinen Ausführungen von den Zeiten höchster Brunst auszugehen und die Verhältnisse anderer Zeit-

abschnitte demgegenüber als ein Abflauen zu kennzeichnen, ist leicht verständlich. Aber vielleicht wäre es doch logischer gewesen, von dem neutralen Zustande auszugehen. Bei der Betrachtung des ganzen Jahres wäre es viel deutlicher geworden, daß die Zeiten geschlechtlicher Hochspannung in dem Leben vieler Vogelarten doch recht schnell vorübergehen. Dabei möchte ich nicht verschweigen, daß uns auch der Wert der Weckhelligkeit in der Zeit der kürzesten Tage sehr interessant wäre. Vermutlich würde sich herausstellen, daß z. B. *Parus maior* in den Wochen der Wintersonnenwende bei viel geringerer Helligkeit munter wird als im Juni, und daß sie dann auch zur Abendzeit noch bei viel geringerer Lichtstärke der Nahrungssuche obliegt. Wäre sie anspruchsvoller, so möchte sie an den trübsten Wintertagen bei Nebel und dichtem Wolkenhimmel ihre Schlafstelle kaum verlassen. Allerdings werden nach dem Erlöschen des Gesangstriebes diese Beobachtungen nicht nur uninteressanter, sondern auch schwieriger, da es viel leichter ist, die Tiere nach Lautäußerungen als mit dem Auge festzustellen; können sie sich doch immer wieder längere Zeit herumtreiben, ehe der Blick eines noch so aufmerksamen Beobachters auf sie fällt.

Wenn *Schwan* behauptet, daß die Vögel sich nicht gegenseitig durch Tonäußerungen aufwecken, so wird er dabei im allgemeinen wohl recht haben, doch sind sie vermutlich auch im Schlaf gegen Töne nicht völlig abgeblendet. So machte ich im Winter 1921/22 die Bemerkung, daß einer meiner Stare immer noch schlief, wenn *Fringilla musica* Dutzende von Malen hintereinander seinen lerchenartigen Schlag vortrug, den er tagsüber nur ganz ausnahmsweise zum besten gab. Dennoch überraschte mich *Sturnus vulgaris* eines Morgens mit der vorzüglichen Nachahmung dieses Liedes.

Schon diese Ausführungen zeigen, daß sich gar manches zu der Arbeit des Darmstädter Ornithologen sagen ließe. Doch möchte ich beileibe nicht, daß durch das leichte Rankenwerk meiner Anmerkungen die Vorstellung erweckt würde, ich stünde jener Abhandlung als kleinlicher, vielleicht gar hämischer Kritiker gegenüber. Es wird immer ein großes Verdienst *Schwans* bleiben, auf diesem Gebiete mit methodischer Arbeit begonnen zu haben und mit ihr zu bemerkenswerten Ergebnissen gelangt zu sein. Wegweiser zu sein, bedeutet aber gar viel, so viel, daß diese Arbeit immer zu den grundlegenden Abhandlungen auf dem betreffenden Forschungsgebiet gerechnet werden dürfte. v. s.!

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 3. März 1922 nahm der Vorsitzende der Gesellschaft, Geheimrat Ernst Kohl-schütter (Potsdam), den auf den 19. Februar entfallenen 450. Geburtstag von **Nikolaus Kopernikus** zum Anlaß, die Bedeutung dieses hervorragenden Ge-

lehrten für die Erdkunde und die Entwicklung der modernen Naturwissenschaft im ganzen zu würdigen. Da *Kopernikus* vielfach von den Polen als einer der ihrigen in Anspruch genommen wird, so ist es nötig zu betonen, daß er nach Abstammung und Empfinden ein Deutscher war, und daß von ihm nur deutsche und lateinische Schriften vorliegen. Eine außerordentliche Vielseitigkeit — er war u. a. auch als Arzt tätig — brachte ihn auf die Höhe des Wissens seiner Zeit. Sein bahnbrechendes Weltsystem, das die Sonne an Stelle der Erde in den Mittelpunkt unseres Planetensystems brachte, entwickelte er im Jahre 1506, doch wurde es erst später veröffentlicht. Bis dahin hatte *Ptolemäus* die Anschauung über die Beschaffenheit der Welt in seinem Bann gehalten. Das Kopernikanische Weltsystem beseitigte vor allem die große Schwierigkeit, welche die Vorstellung einer täglichen Drehung des gesamten Sternenhimmels um die Erde mit sich brachte, denn bei der gewaltigen Entfernung der Fixsterne müßte diesen eine unvorstellbare große Rotationsgeschwindigkeit zukommen. Aber noch über die astronomisch-geographische Bedeutung hinaus stellt die Kopernikanische Weltanschauung eine Kulturtat von ungeheurer Wichtigkeit dar, weil sie die Entwicklung der ganzen neueren Physik überhaupt erst ermöglichte. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß sich unter den fünf Begründern der modernen Naturwissenschaft *Kopernikus, Galilei, Kepler, Huyghens* und *Newton* zwei Deutsche befinden. Die spätere Geschichte der Naturwissenschaften bietet mehrere Beispiele dafür, daß von Deutschen die grundlegenden Ideen stammen, welche dann von Ausländern für die Praxis ausgenutzt wurden. So hat *Marconi* auf der Hertzschen Entdeckung der elektrischen Wellen die Funkentelegraphie aufgebaut, *Lilienthals* Erfindung gab den Gebrüdern *Wright* Veranlassung zur Konstruktion der Flugmaschine, und auch den ersten Gedanken der Relativitätstheorie hat der Deutsche *Mach* entwickelt.

Darauf sprach Dr. Heinrich *Handel-Mazetti* (Wien) über **Naturbilder aus China: Landschaft, Volk und Vegetation von Jün-nan, Südwest-Sz-tschwan, Kweitshou und Hu-nan.** Zwecks botanischer Studien bereiste der Vortragende 1913 bis 1918 diese vier chinesischen Provinzen, von denen er namentlich das Gebirgsland in dem Grenzgebiet zwischen Jün-nan und Sz-tschwan an der Hand von Lichtbildern eingehend schilderte. Von Tonkin erreichte er im Februar 1914 mit der Eisenbahn die gleichnamige Hauptstadt der Provinz Jün-nan, die in 1900 m Höhe in der Nähe eines großen Sees gelegen ist. Da die Chinesen arge Waldzerstörer sind, so finden sich in diesem Gebiet nahe dem Wendekreis nur noch Reste des tropischen Regenwaldes, die namentlich in der Nähe von Tempeln erhalten sind. Häufiger sind die aus dem romanischen Mittelmeergebiet bekannten Macchien, eine immergrüne Buschwald-Vegetation. Auch traf man schon im Februar blühende Rhododendren. Die Wege nach Sz-tschwan befinden sich in fürchterlichem Zustande. Der Jang-tse-Fluß hat sich stellenweise 1500 m tief in das Gebirge eingeschnitten, und mitunter zeigen sich bemerkenswerte Wirkungen der starken Erosion, z. B. Endpyramiden sowie ein 7 m tiefer, dabei aber nur 30 cm breiter Wasserlauf. Am 6. April traf die Expedition in dem 320 km nördlich der Stadt Jün-nan ebenfalls an einem See gelegenen Lingjuen ein, von wo ein Ausflug in das von den fast unabhängigen (sogenannten schwarzen) Lolos bewohnte Bergland gemacht wurde.

Dann ging es nach Westen über die Schlucht des Jang-Flusses zum See von Jung-ning. Dolinen und andere Karsterscheinungen sowie Gipfel bis zu 4600 m Höhe konnten in dem durchzogenen Bergland beobachtet werden. Im weiteren Verlauf der Reise, die westwärts über die Oberläufe der großen hinterindischen Ströme Me-kong und Salween bis zum östlichen Quellfluß des Irawadi fortgesetzt wurde, stieß man auf vergletscherte Berggipfel von mehr als 5300 m, welche Spuren einer früheren stärkeren Vergletscherung trugen, Moränen von 150 m Höhe und einen eiszeitlichen Moränenzirkus aufwiesen. Das Gebirge besteht größtenteils aus Kalk, im südlichen Teil aus Melaphyr. Die Pflanzenwelt zeigt einen überaus großen Reichtum an Arten. Stellenweise sind die Sträucher mit zahlreichen Blutegeln besetzt, die sehr lästig werden. Erwähnenswert ist ein regelrechtes Moor in 3600 m über dem Meere und schöne Kalksinterterrassen von 50 m Höhe. Das großartigste Landschaftsbild in Jün-nan bietet der Durchbruch des Jang-tse durch das Gebirge in einer nahezu 4000 m tiefen Schlucht. Die Expedition kam durch große abgestorbene Bambuswälder. In dem Trockenjahre 1914 war nämlich der Bambus zur Blüte gekommen, was sein Absterben zur Folge hat. Auf der Rückreise nach der Küste sah man in der Provinz Hu-nan Kampferbäume, aus denen jedoch nicht die Droge gewonnen wird, deren Holz man vielmehr zur Herstellung insekten-sicherer Kisten benutzt.

Die Fachsitzung am 19. März 1923 brachte einen Vortrag von Korvettenkapitän *Spieß* über das **Vermessungswesen der Marine.**

In einer historischen Einleitung weist der Vortragende darauf hin, daß zuerst England ein großzügiges Seekartenwerk geschaffen hat, das die ganze Erde umfaßt. In Deutschland begann im Jahre 1841 „Preußens Seeatlas“ zu erscheinen, den das preußische Handelsministerium herausgab. Später gingen solche Aufgaben an die Kriegsmarine über. Die erste preußische Admiralitätskarte war die des Jadebusens im Jahre 1861. Nach Schaffung der Reichsmarine haben besondere Vermessungsschiffe, in den heimischen Gewässern namentlich Pailboote, während der Jahre 1872 bis 1920 ein Gebiet von 45 000 Quadrat-Seemeilen ausgelotet. Da die flachen Küstengewässer der Nordsee die beste Verteidigung Deutschlands gegen Angriffe von der See darstellen, so ist auf deren Auslotung und auf Feststellung der im Laufe der Jahre durch die Gezeitenströmungen erfolgenden Veränderungen der Tiefenverhältnisse besonderer Wert gelegt worden. Der Vortragende konnte an elf vom Vermessungsdirigenten *Pellehn* entworfenen Karten zeigen, wie die Sande und Inseln an der Jade-Weser-Mündung nach Osten und Norden wandern, so daß z. B. die Untiefe „Roter Sand“, auf welcher vor wenigen Jahrzehnten der bekannte Leuchtturm errichtet wurde, heute bereits weit nördlich von diesem liegt. Alle 10 Jahre etwa müssen daher die Mündungsgebiete der Flüsse von neuem aufgenommen werden. Da die Seekarte lediglich nautischen Zwecken dienen soll, so kann nicht die gleiche Genauigkeit angestrebt werden wie bei der Landesvermessung. Zudem müssen die Messungen vielfach von dem schwankenden Schiff aus gemacht werden, weshalb die Marine ihre Vermessungsmethoden selbständig ausarbeiten und in praktischer Arbeit erlernen mußte.

An der Hand zahlreicher Lichtbilder von der Tätigkeit der Vermessungsschiffe „Möve“ und „Planet“ in unseren Schutzgebieten erläuterte der Vortragende mancherlei Einzelheiten. Bei Triangulierungen kann

man in der klaren Luft der Tropen Dreiecksseiten bis zu 100 km Länge benutzen, wenn man das, von einem Heliotropen reflektierte Sonnenlicht zu Hilfe nimmt. Schwierig ist die Übertragung der Dreiecksnetze des Landes auf die Hochsee. Ein gutes Beispiel der Hochsee-Triangulation war die Vermessung der Untiefe Adlersgrund zwischen Bornholm und Rügen, bei der außer dem Adlersgrund-Feuerschiff noch vier verankerte Kriegsschiffe mitwirkten. Der mittlere Schlußfehler betrug nur 47".

Bei den Lotungsarbeiten muß die Meerestiefe bis an die Küste heran genau festgestellt werden, wozu bei sehr kleinen Tiefen der Peilstock, bis 80 m das Handlot und für größere Tiefen die Lotmaschine benutzt wird, mit welcher der „Planet“ östlich der Philippineninsel Mindanao 9788 m als größte, bisher bekannte Tiefe erlotete, ein Resultat, das auf den englischen Seekarten jedoch ignoriert wird. Die ermittelten Tiefenzahlen werden auf Niedrigwasser reduziert, da die Nullfläche der Seekarten, von der aus die Tiefen zählen, meist das sogenannte Springniedrigwasser ist, nicht der mittlere Wasserstand des Meeres, der auf Landkarten als Nullniveau für Höhenangaben benutzt wird. An der deutschen Nordseeküste liegt die Nullfläche der Seekarten meist 1 bis 2 m unter dem Nullniveau der Landkarte, dem bekannten Normal-Null (abgekürzt N.N.). Um die Hubhöhe der Gezeiten und die Eintrittszeiten des Niedrigwassers zu ermitteln, richtet man daher im flachen Küstenwasser des Vermessungsgebietes Lattenpegel ein, an denen zuverlässige Beobachter die Änderungen der Wasserstände abzulesen haben. Bis zu 50 m Tiefe kann während der Fahrt des Schiffes gelotet werden. Bei der Lotung größerer Tiefen muß das Schiff jedoch anhalten und 3 bis 4 Stunden an Ort und Stelle bleiben, weil das Niederlassen des Lotes und dessen Aufwinden viel Zeit erfordert. Um so wichtiger ist die neue Methode der Tiefenmessung durch das Behm-Echolot, über welche in dieser Zeitschrift bereits berichtet wurde¹⁾. Der englische Zerstörer „Stuart“ hat mit diesem neuen Instrument auf der Fahrt von Newport News an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Amerika bis Gibraltar in 9 Tagen 900 Tiefseelotungen ausgeführt, ohne jemals die Fahrt stoppen zu müssen.

In der anschließenden Erörterung ergänzte Professor H. Maurer diese Mitteilung dahin, daß der „Stuart“ inzwischen seine Lotungen auf der Fahrt durch das Mittelmeer und den Indischen Ozean nach Ostasien fortgesetzt habe. Im allgemeinen seien die von ihm mittels der Echolotmethode gefundenen Tiefen etwas kleiner als die bisher bekannten, durch Drahtlotung ermittelten. Die Echolotmethode ermittelt auf geringe Bruchteile einer Tausendstel-Sekunde genau die Zeit, welche das vom Meeresgrunde zurückkehrende Echo eines Knalles braucht, um wieder das Schiff zu erreichen. Es ist daher eine sehr genaue Kenntnis der im Mittel etwa 1435 m pro Sekunde betragenden Schallgeschwindigkeit im Wasser erforderlich. Diese wird jedoch durch Temperatur, Salzgehalt, Druck in großen Tiefen usw. beeinflusst, so daß man Berichte über die zugrunde gelegten Schallgeschwindigkeiten abwarten müsse, bevor ein Urteil über die Zuverlässigkeit der Messungen möglich sein wird.

In der Sitzung am 23. März 1923 hielt Professor Arnold Heim (Zürich) einen Vortrag **Reisebilder aus der Südsee**, in dem er sich auf Schilderungen der östlich

von Australien gelegenen Inseln Neu-Caledonien und Neue Hebriden beschränkte. Das 400 km lang in nordwest-südöstlicher Richtung sich erstreckende Neu-Caledonien ist ein über den Meeresspiegel aufragender Rest eines tertiären Faltengebirges, das seine Fortsetzung in Neu-Seeland findet. Am Südrand des Tropengürtels gelegen, weist es im Dezember bis Februar Temperaturen bis 36° auf, während es im Juli und August auf den Bergen empfindlich kühl werden kann. In der heißen Jahreszeit kommen öfters tropische Wirbelstürme von eng begrenzten Dimensionen vor, die gelegentlich aus dem Urwald ganz schmale Streifen förmlich herausrasieren. Die Fauna ist insofern merkwürdig, als alle Landsäugetiere, mit Ausnahme der fliegenden, fehlen, desgleichen Reptilien und Süßwasserfische. Es scheint demnach, als ob die Insel auch in der Vorzeit niemals in Zusammenhang mit größeren Kontinentalmassen gestanden hat. Haifische sind an der Küste zahlreich. Wälder eines eukalyptus-ähnlichen Baumes bedecken etwa ein Drittel des Landes. Längs der Flüsse bilden häufig Pandanusbäume Spalier, die höchst merkwürdig aussehen, weil die Wurzeln bereits in der halben Höhe des Stammes ansetzen. Im Mündungsgebiet der Flüsse überwiegt die Mangrove-Vegetation, und hier zeigt auch das die ganze Insel umsäumende Korallenriff Unterbrechungen, die eine Einfihr gestatten. Die Spitzen der Korallenstöcke sind abgestorben, was auf eine Hebung hindeutet. Wo tropischer Urwald vorkommt, entzückt er durch seine Schönheit. In seinen feuchten Teilen wachsen stolze Königspalmen weit über die Kronen der übrigen Bäume hinaus, und an seinem Rande heben sich Baumfarne durch das prachtvolle Grün ihrer Wedel wirkungsvoll von dem dunkleren Hintergrunde ab. Als Riesen unter den Bäumen ragen einzelne Stämme von *Araucaria columnaris* bis zu Höhen von 50 m auf. Die wichtigste Kulturpflanze ist der Kaffee, der hier in besonders guter Qualität gewonnen wird.

Von Bodenschätzen kommt Nickelerz in Betracht, von dem etwa 20 Vorkommen bekannt sind, sowie Chromerz mit 40 bis 45 % Chromgehalt. Das Nickelerz findet sich in verwittertem Serpentin, aus dem ein großer Teil der Insel besteht. Morphologisches Interesse bieten die senkrecht verlaufenden Karrenfurchen, die an steilen Kalkfelsen tertiären Alters vorkommen. Die höchste Erhebung ragt bis 1640 m auf. Eine der schönsten Stellen ist die Bucht von Hienghéne an dem nördlichen Teil der Ostküste. Eine vorgelagerte Marmorinsel zeigt dort pittoreske Felsformen. Die eingeborene Bevölkerung ist melanesisch und stammt vermutlich aus Südasiens. Jedes Dorf hat seinen Häuptling, und die einzelnen Gemeinden haben sich stammweise zusammengeschlossen unter einem Chefhäuptling oder König. Niemand stand jedoch die gesamte Bevölkerung unter einheitlicher Herrschaft. So kommt es, daß auf der Insel 16 verschiedene Sprachen gesprochen werden und eine Verständigung der Eingeborenen untereinander häufig nur auf französisch möglich ist. Die Eingeborenen haben wulstige Lippen, breite Nasen und breite Schultern; dagegen ist das Becken schmal und auf Brust und Rücken wachsen fleckenweise Spiralhaarbüschel. Nach der Ansicht von *Sarasin* gehören die Neu-Caledonier anthropologisch zu den primitivsten Menschen. Ihre Ernährung besteht fast nur aus stärkehaltigen Nahrungsmitteln. Um die Moskitoplage möglichst zu vermeiden, sind die Hütten vielfach bis auf eine kleine Eingangsöffnung dicht gegen die Außenluft abgeschlossen, während im Innern ein qualmendes Feuer unterhalten wird.

¹⁾ Akustische Tiefenmessung. Die Naturwissenschaften 1922, Jahrg. 10, Heft 15, S. 359.

Neu-Caledonien wurde 1774 von *James Cook* entdeckt, kam 1854 in französischen Besitz, und die Hauptstadt *Nouméa* diente bis 1894 als Sträflingskolonie.

Einen ganz anderen Charakter als Neu-Caledonien weist die nordöstlich von diesem gelegene Inselgruppe der *Neuen Hebriden* auf. Die westlichsten und größten Inseln *Espirito Santo* und *Mallicolo* sind Stücke eines versunkenen Faltengebirges, während die übrigen entweder gehobene Korallenriffe oder Vulkane darstellen. Noch 1913 fand hier einer der größten vulkanischen Ausbrüche statt, die in historischen Zeiten bekannt geworden sind. Die charaktergebende Landschaftsform ist der immergrüne tropische Urwald, in dem Feigenarten mit gewaltigen Bretterwurzeln auffallen. Vielfach sind Kokospflanzungen angelegt, stellenweise wird Kakao angebaut. Die eingeborenen Melanesier sind nur wenig von der Kultur berührt. Malaria ist weit verbreitet. In politischer Beziehung nehmen die Neuen Hebriden insofern eine Ausnahmestellung ein, als sie gemeinschaftlich von England und Frankreich verwaltet werden.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 6. März berichtete *Dr. König* über die neueren Anschauungen über Wesen und Aufbau der Zyklogen.

Der Vortragende hatte sich die Aufgabe gestellt, ungefähr das darzustellen, was in den letzten drei Jahren zum Thema in der Literatur aufgetaucht war. Im ersten Teil seines Vortrages entwickelte er das synoptische Bild einer Zyklone, wie wir es heute nach den Arbeiten von *V. Bjerknes* und seinen Mitarbeitern sehen. Nachdem *Bjerknes* zunächst versucht hatte, von der theoretischen Seite her das Problem zu meistern, wandte er sich später mehr dem praktischen Wetterdienst zu. Durch ausgedehntes Studium der Strömungskarten, die er mit Hilfe eines sehr dichten Stationsnetzes zeichnete, gelang es ihm, neben der bekannten Böenlinie die für die Fortbewegungsrichtung so wichtige Kurslinie festzustellen. Beide Linien sind ausgesprochene Trennungslinien für die Temperaturverteilung und schließen den warmen Sektor von den kalten Gebieten ab. Im Vertikalschnitt zeigen sich Unstetigkeitsflächen, die geneigt sind und im allgemeinen in den beiden erwähnten Linien den Erdboden schneiden. Je nach der Bewegungsrichtung der Luft an ihnen werden sie als Aufgleit- und Abgleitflächen bezeichnet. An den Aufgleitflächen kommt es zur Regenbildung, die *Bjerknes* mit seinem Schema vollständig erklären zu können glaubt, was allerdings von anderer Seite nicht unwidersprochen geblieben ist. Daß in Mitteleuropa dieses typische Bild der Zyklone nur sehr selten angetroffen wird, hat *Bjerknes* mit dem Hinweis zu erklären versucht, daß es sich dort hauptsächlich um absterbende Zyklogen handelt. Bei diesen trennen sich die Schnittlinien zwischen Unstetigkeitsfläche und Erdboden von den Regengebieten und es kommt zur Bildung einer „hochgelegenen“ Front.

Die von Zyklone zu Zyklone führende Scheidelinie, die die warme von der kalten Luft trennt, hat *Bjerknes* als „Polarfront“ bezeichnet. Nördlich von ihr finden wir kalte Luftmassen mit im allgemeinen ost-westlicher Bewegung, südlich davon eine warme entgegengesetzt gerichtete Strömung. (Siehe hierzu die ausführliche Darstellung von *E. Kuhlbrodt* in dieser Zeitschr. 1922, S. 495—503.) An dieser Polarfront kommt es nun zur Bildung von Zyklogen, von deren Lebensgeschichte sich

Bjerknes folgendes Bild gemacht hat. Die Zyklogen fängt als kleine Welle in der Polarfront an, meist am äußersten Ende der kalten Frontlinie einer vorhergehenden Zyklone. Sie wächst alsbald langsam unter beständiger Zunahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Dabei verlängert sich die warme Zunge fortwährend nach Norden. Die sie einschnürenden kalten Gebiete verbreitern sich währenddessen immer mehr und schneiden die warme Zunge schließlich ganz ab. Hiermit beginnt das Absterben der Zyklone, in der bei verminderter Fortpflanzungsgeschwindigkeit die warme Fläche im Innern immer mehr zusammenschrumpft und unter Regenbildung nach oben verschwindet. Zyklogen treten nicht einzeln, sondern in Zyklogenfamilien von drei bis vier Einzelgliedern auf. Zwischen den Gruppen stößt die Polarfront mit Strömen kalter Luft zeitweis bis in die Passatzone vor. Die Stellen, wo diese Ausbrüche polarer Luft vorkommen, sind offenbar geographisch bestimmt. *Bjerknes* rechnet mit vier solchen Strömen und glaubt in dem Ablauf des ganzen Systems eine 22 tägige Periode erblicken zu können.

Schumann hat dem Begriff der Polarfront die Äquatorialfront im Süden gegenübergestellt. Ähnlich wie für die unteren Schichten der Pol, sendet in den oberen Luftschichten der Äquator Kaltwellen bis in die gemäßigten Breiten aus, die am Boden zu Druckanstiegen Veranlassung geben. Der Verlauf der Äquatorialfront müßte durch aerologische Stationen überwacht werden.

Der zweite Teil des Vortrages behandelte die verschiedenen Versuche, die Entstehung der Zyklogen zu erklären. Hier wurde auch zunächst wieder die Bjerknesche Ansicht vorgetragen. Sie begründet von neuem die Wellentheorie der Zyklogen. Diese werden als Wellenbildungen nach Art der Helmholtzschen Wogen an der Grenze der kalten polaren und der warmen über sie hinfließenden äquatorialen Luft aufgefaßt. Dabei wird auch klargelegt, in welcher Weise die Vertikalbewegungen in horizontaler Übergehen, so daß schließlich die wirbelähnlichen Gebilde an der Erdoberfläche entstehen können. *Erner* und *A. Wegener* haben gegen diese Ansichten eingeworfen, daß die geforderten Größenverhältnisse nicht bei dem so entstandenen Zyklogen auftreten können. *A. Wegener* hat überhaupt die Existenz von Temperaturunterschieden nicht für nötig gehalten, sondern sieht es als nicht unmöglich an, daß die Zyklogen rein dynamisch an der Grenze zwischen Ost- und Westwinden entstehen. Der Vortragende lehnte aber auch diesen Erklärungsversuch ab, da er den notwendigen Größenverhältnissen gleichfalls nicht gerecht wird. Eine von *Erner* gegebene Erklärung geht davon aus, daß die Polarfront an besonders bevorzugten Stellen erhebliche Ausbuchtungen erleidet und Kältezungen weit nach Süden sendet. An ihrem Ostrande haben diese eine Druckerniedrigung im Gefolge, die von der kalten Luft mit ihrer selbständigen Bewegung nach Osten als Zyklone vor sich hergetrieben wird. In den Kältevorstößen erblickt *Erner* ein mehr oder minder periodisches „Abtropfen“ der kalten polaren Luftmassen. Besonders verwickelt wird das Problem, nachdem *Picker* nachweisen konnte, daß man zwischen „hohen“ und „niederen“ Depressionen zu unterscheiden hat. Das Wesentliche einer Depression besteht nach seiner Ansicht in der großen Druckschwankung in großen Höhen. Sie erst erzeugen in den unteren Schichten Strömungen verschiedener Temperatur, die wir als niedrige Depressionen ansprechen. Zuweilen, besonders im Sommer, können diese als selbständige Gebilde auftreten, im allgemeinen sind sie aber an hohe Depressionen gebunden. Die Ansicht *Erners*,

daß die hohen Depressionen aus den niedrigen entstehen, kann der Vortragende, der den hohen Depressionen eine selbständige Existenz zubilligen möchte, nicht beipflichten.

Zusammenfassend betonte der Vortragende am Schluß, daß man mit einer einzigen Erklärung wohl überhaupt nicht auskommen wird, sondern daß erst eine genaue Diagnose der auf der Wetterkarte nachgewiesenen Zyklonen zeigen müsse, mit welchen Entstehungsursachen man es zu tun habe.

Nachschrift: Während der Drucklegung dieses Berichtes erschien ein sehr bemerkenswerter Aufsatz von *H. Ficker*: Polarfront, Aufbau und Lebensgeschichte der Zyklonen, *Meteorologische Zeitschrift* 1923, 65—79, auf den hiermit hingewiesen sei. Der Verf. beschäftigt sich ebenfalls mit den Untersuchungen von *V. Bjerknes* und seinen Mitarbeitern und setzt in treffender Weise auseinander, wie viele Anschauungen, die von den skandinavischen Meteorologen als neu hingestellt wurden, bereits vor Jahren in den Arbeiten österreichischer Forscher, wie *Margules*, *Exner* und *Ficker* bekannt waren, die in gewissem Sinne die Doveschen Ansichten wieder aufleben ließen.

Kn.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über den Begriff des embryonalen Feldes. (*Alexander Gurwitsch*, *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, 51. Bd., 3./4. Heft, 1922, S. 383—415). Der von *Driesch* aufgestellte Satz von der Unauflösbarkeit organischer Gestaltung beherrscht die Ausführungen *Gurwitschs*. Der „Ganzheitsfaktor“ *Drieschs* scheint ihm eines allgemeinen und eingehenden Realitätsbeweises zu bedürfen. In der Einleitung zu seiner Arbeit prüft der Verfasser ganz allgemein den Realitätsgrad wissenschaftlicher Aussagen. Er geht aus von den „Bildern“, die wir auf Grund der Wahrnehmungen uns von der Wirklichkeit machen; er unterscheidet dabei solche, die wir in den Raum verlegen, und „Abhängigkeitsbeziehungen“ (Verknüpfungen). Der Verlust der Vorstellbarkeit nimmt einem „Bilde“ nach *Gurwitsch* nicht seine Realität. Vielmehr haben auch unvorstellbare Bilder als potentiell real zu gelten, wenn sie, in sich frei von Widerspruch, mit den beobachteten und deduzierbaren Tatsachen im Einklang sind und vor allem eine Lokalisierung im Raume gestatten. Letztere Bedingung ist bei dem von *Driesch* gebrauchten Bild der „Entelechie“ nicht erfüllt, weshalb sie *Gurwitsch* als Forschungsobjekt ablehnt. (G. scheint zu übersehen, daß die Verlegung in den Raum schon den Versuch des Vorstellens bedeutet! Ref.) Es ist hier nicht der Ort, ausführlich auf die so allgemein wie möglich gehaltenen und erkenntnistheoretisch angefechtbaren Ausführungen *Gurwitschs* einzugehen.

Der Begriff des embryonalen Feldes ist nun das unvorstellbare Bild *Gurwitschs*. Er versteht darunter als Ort der embryonalen Formbildung einen Raumbezirk, in dem die Koordinaten jedes Punktes die in ihm stattfindenden Bewirkungen eindeutig bestimmen. Vom rein physikalischen „Feld“ wird das embryonale als „Reizfeld“ unterschieden. Dieses ist zwar ein Eigenfeld des Keimes, d. h. nicht von einem außerhalb des Keimes gelegenen Erreger erzeugt; doch sind andererseits die Elemente des Keimes keinesfalls die ausschließlichen Hervorbringer der Feldeigenschaften. Vielmehr steht der bewirkte Keim dem bewirkenden Felde in ausgesprochenem Dualismus gegenüber. Das Ziel der Untersuchung ist die Feststellung der Feld-

eigenschaften. An einigen Beispielen sucht der Verfasser die Notwendigkeit der Annahme eines Feldes darzutun.

Bei der Kamillenart *Matricaria* zwingt nach *Gurwitsch* die Paraboloidgestalt des reifen Blütenkorbes deshalb zur Annahme eines Feldes, weil sie in der Jugend undeutlich ist, und die zunehmende Annäherung an die regelmäßige Form auf zwei — angeblich unabhängige — Faktoren: Wachstum des Blütenpolsters und der Einzelblüte zurückgeht. Die Blütenachsen selbst stellen bisweilen Teile von Parabeln dar, die dem Achsenschnitt des Paraboloids konjugiert und in einem Teil der Fälle konfokal sind, bisweilen aber auch nicht. Trotzdem wird die paraboloiden Außenfläche stets im Endstadium erreicht. Diese Fläche ist daher als ein Richtfeld für das Wachstum der Blütenspitzen anzusehen. Auf Grund seiner Untersuchungen über den Feldfaktor der Zellteilungen (noch unveröffentlicht! Ref.) sucht *Gurwitsch* nun die Feldeigenschaften zu analysieren. Er nimmt dabei einen in der Stengelachse mit gleichmäßiger Verzögerung nach oben fortschreitenden „Impuls“ an; senkrecht dazu breitet sich dann allseitig ein „Perturbationszustand“ aus mit einer Geschwindigkeit, die jener des vertikalen Impulses in jedem Augenblicke gleich ist. Eine auf Grund dieser Bedingungen aufgestellte Gleichung kennzeichnet ein Paraboloid.

In der Entwicklung der Hutpilze (*Agaricinen* und *Marasmiusarten*) fällt besonders die Ausbildung der Hutform des Fruchtkörpers, des Hymenialgewölbes und die Trennung von Hutfläche und Hülle auf. *Gurwitsch* kann darin keine Folge geordneter innerer Verhältnisse sehen, da die genannten Bildungen aus scheinbar ungeordneten Hyphenfäden hervorgehen. Vielmehr setzt er auch hier zur Erklärung einen übergeordneten, nicht in den formbildenden Elementen enthaltenen Feldfaktor, dem er eine Kreisform und eine der geotropischen Wirkung der Schwerkraft analoge Wirksamkeit zuerteilt. Durch eine passende — aber ganz willkürliche — mathematische Charakterisierung der Wirkung und Annahme einer fortwährenden Verschiebung dieses kreisförmigen „Reizentrums“ (sic!) gelingt es, die Entstehung der Hutform als Wachstumsreaktion auf die variable Reizwirkung des Feldes zu demonstrieren.

Da nun, was besonders bei der *Matricaria*-Entwicklung deutlich hervortritt, auch *Gurwitsch* jenen Perturbationszustand letzten Endes auf Zellteilungen zurückführt und außerdem neben den Feldeigenschaften die Zelleigenschaften als Variable der Entwicklung bezeichnet, so ist es eigentlich nicht ersichtlich, warum jene Feldeigenschaften um jeden Preis einem mystischen, übergeordneten Faktor aufs Konto geschrieben werden müssen. Das heißt doch, trotz gegenteiliger Behauptung, *Drieschs* Entelechie in mathematischer Verbrämung auferstehen lassen. *Gurwitsch* erkennt auch an, daß der Versuch, die Formgestaltung nur aus der Wechselwirkung der Elemente zu erklären, also ein rein mechanisches „Bild“ zu konstruieren, Berechtigung hat. Die Wahl zwischen beiden „Bildern“ dürfte aber nicht nur sozusagen Geschmackssache sein. Auch muß dem widersprochen werden, daß eine derzeitige Unmöglichkeit der restlosen mechanistischen Deutung zur Annahme einer so oder so eingekleideten vitalistischen nötigte. Ob eine derartige Unmöglichkeit vorliegt, steht hier nicht zur Erörterung. Nur andeutungsweise sei gesagt, daß die geometrische Konfiguration in den angeführten Beispielen genau wie bei anderen ontogenetischen Prozessen sich erklären läßt aus dem bestimmten Teilungsrhythmus

der Zellen, der lediglich eine Funktion ihres Zustandes ist, und dessen formbildende Wirkung auf Phasenverschiebungen der Zellendifferenzierungen in den verschiedenen Keimbirken beruht. Das embryonale Feld existiert, aber nur als variable Resultante elementarer Vorgänge.

L. Glaesner.

Die wurzelmündigen Quallen (Rhizostomeen) der Südsee unterzieht Dr. *Gustav Stiasny* (in den *Capita Zoologica* Deel I, Aflevering 2, Gravenhage, Martinus Nijhoff, 1921) einer umfassenden Neubearbeitung in der Absicht, auf Grund der gesamten Anatomie zu einer leistungsfähigeren Klassifikation und zu einleuchtenderen Vorstellungen über die Phylogenie dieser Medusen zu gelangen. (1) Das System als solches, dem der weitaus größte Teil des Bandes gewidmet ist, interessiert hier nicht, und auch die versprochenen Aufklärungen über den Stammbaum könnten kaum zu näherer Betrachtung einladen, wenn von dem Falle nicht von altersher ein eigener biologiegeschichtlicher Reiz ausginge. Wir wissen oder könnten es doch wissen, aber freilich klären die Lehrbücher noch immer nicht darüber auf, daß es eine verkörperte Stammform der höheren Medusen, die etwa *Tessera* hieß, nicht gibt, wissen, daß diese *Tessera* wohl in schönen Abbildungen, doch nirgends in Sammlungen zu sehen ist, und wissen, daß in alt den 45 Jahren, wo dieser Name durch *Haeckels* Werke geht, es noch niemand gelungen ist, den Markstein der Medusengeschichte wieder aufzufinden. Und so nimmt es nicht wunder, daß Dr. *Stiasny* nach seiner neuen Umschau im Reiche der Acraspeden die alten hypothetischen Stammbäume aus den siebziger Jahren aufgibt und für seine Rhizostomeen wenigstens nach neuen Wegweisern sucht. Dabei ergibt sich aber, daß paläontologische Unterlagen gänzlich fehlen, entwicklungsgeschichtliche Daten so gut wie nicht vorhanden sind und tiergeographische Stützen versagen, so daß die phylogenetischen Spekulationen rein auf Grund der vergleichenden Anatomie angestellt werden müssen. Glaubt man sich aber wirklich berechtigt, stets das „Einfachere“ für das Ursprünglichere, das „Kompliziertere“ für das Spätere und Abgeleitete zu erklären? Fühlt man sich einem solchen Stammbaum gegenüber sicher genug, um von Wurzelformen, Endformen usw. zu sprechen? Kaum. Und so steht fest, daß historische Erkenntnisse damit nicht gewonnen sind. — Wollte man uns aber solche zweigartige oder wie sonst angeordnete Tabellen als Abbilder idealistischer Formverwandtschaft vorstellen, so wüßten wir gegen Methode und Resultat nichts einzuwenden.

(2) Daß die tiergeographischen Daten bei der Ausmalung der Medusengeschichte versagen, das habe, findet der Verfasser, seinen Grund darin, daß die Rhizostomeen fast ausnahmslos Bewohner warmer Meere seien. Es leitet ihn hier die Idee, daß die Einförmigkeit des Milieus Hindernis sei einer kräftigeren Formabwandlung. Diese Vorstellung dürfte sich nicht halten lassen. Es unterliegen ja doch die tropischen Rhizostomeen durch ihren Entwicklungszyklus dem Einfluß einer umfangreicheren Wärmeskala, sind also nicht bloß von den 2° C abhängig, um die die Temperatur der Meeroberfläche (nach *Semper* bei den Philippinen) im Laufe des Jahres nur variiert.

(3) Als stenothermal können bestenfalls nur die pelagischen, die reifen, Daseinsformen der tropischen Rhizostomeen gelten, und zu den von *J. H. Orton* (1920) als aller Periodizität ermangelnden Oberflächentiere tropischer Ozeane gehören die Rhizostomeen also nicht. Sie müssen schon darum periodisch erscheinen, weil ihr frühestes Jugendstadium, das *Scyphostoma*, am Boden

fest sitzt und also unter sehr wechselnden hydrographischen Bedingungen lebt. Nebenbei bemerkt, sagt *Semper*, auf den sich *Orton* bezieht (1880 S. 167 u. 168), ausdrücklich, daß auch in viel kälteren und daher durchaus nicht stenothermalen Meeren, und öfter als man anzunehmen scheine, die Periodizität der Tiere verwischt sei, und belegt den Satz mit Betrachtungen von *Nordmann* und *Möbius* in nordischen Meeren.

(4) In der Tat erscheinen ja auch die Rhizostomeen nicht das ganze Jahr hindurch im Plankton der Südsee. So ziemlich ganz frei von ihnen ist das Meer in den Monaten Februar und März. Vom Juli bis in den Herbst hinein sind sie sehr häufig. Das Aufblühen der Fauna beginnt im April, das Verlöschen im Januar. Geschlechtsreif sind sie im Juli, August und September. Die meisten Jugendformen sind in den Herbstfängen zu finden. Nur das Genus *Cassiopeia* hat vielleicht eine doppelte Geschlechtsreife oder ist das ganze Jahr hindurch geschlechtsreif.

(5) Soweit äußere Umstände für das Verschwinden und Auftreten der Rhizostomeen in Betracht kommen, läßt sich vorstellen, daß die Monsune einwirken, und zwar in zweifacher Hinsicht. Wenn die Westmonsune über der Südsee bläst, fallen die stärksten Regengüsse, und die Medusen als Oberflächentiere fliehen den mechanischen Reiz des Regenfalles und die Aussüßung des Wassers; in der Zeit des Ostmonsuns herrscht Trockenheit, und zugleich gedeihen die Medusen. Außerdem verschieben die Monsune die Wassermassen und verschleppen damit die Medusen. Wenn in der Javasee die Westwinde wehen, das ist im Frühjahr, so werden die Medusen von den nahrungsreichen Küstengewässern weg auf die hohe See hinausgetrieben, wo sie aus Nahrungsmangel zugrunde gehen; und mit dem Ostmonsun hängt also wahrscheinlich das Auftreten der Jugendformen in den Herbstmonaten zusammen.

(6) Wenn, wie *Lendenfeld* berichtet, im Hafen von Sydney Medusen bei jedem Wetter an der Oberfläche wie in der Tiefe vorkommen, so hängt das sicherlich mit den besonderen Strömungsverhältnissen der weit ins Land hineinschneidenden Bucht zusammen, sind doch *Stiasny* gewiß auch wie mir ähnliche Erscheinungen von der Felsküste der Adria her erinnerlich, von *Cassiopeia* zum Beispiel.

Thilo Krumbach.

A Bibliography of Fishes. (Bashford Dean. Enlarged and edited by Charles R. Eastman, published by the American Museum of Natural History, New York 1916 and 1917.) Jetzt, wo allmählich die fremdsprachliche Literatur wieder für uns zu haben ist, hat unter andern ein für den Ichthyologen sehr bedeutendes Werk den Weg nach Deutschland gefunden: die „Bibliography of Fishes“ von *Bashford Dean*. Diese Bibliographie soll in bisher über 40 000 Titeln die Arbeiten über Fische und Fischereibiologie bis einschließlich 1913 bringen; 1914 ist noch teilweise berücksichtigt. Auch die Literatur vor *Linné* ist nach bestem Vermögen zusammengetragen worden.

In dem kurzen Vorwort erzählt *Dean* zunächst die Geschichte dieses Werkes, das ursprünglich eine Kartothek für seinen Privatgebrauch war, sich aber allmählich zu einer auch von andern vielbenutzten Einrichtung ausgewachsen hat.

Dean hat im Laufe der Jahre eine ganze Anzahl von Beratern und Mitarbeitern gehabt. 1910 kam das ganze Werk in ein kritisches Stadium; es war so umfangreich und schwerfällig geworden, daß es weit über Zeit und Kraft eines einzelnen vielbeschäftigten Mannes hinausging und doch zu wertvoll, um einfach abgebrochen zu werden. Da kam das American

Museum of Natural History zu Hilfe, sorgte für Hilfskräfte und übernahm schließlich auch den größten Teil der Kosten für die Drucklegung. Der 1914 als Bearbeiter eintretende Paläoichthyologe Dr. Charles R. Eastman, der auch als Mitherausgeber zeichnet, hat außer seinen sonstigen Arbeiten am Katalog namentlich die vorlinnische Literatur zusammengetragen.

Die bisher erschienenen Bände enthalten über 40 000 Titel von Arbeiten über rezente und fossile Fische einschließlich Cyclostomen und Amphioxus, über deren Naturgeschichte, Bau, Entwicklung, Physiologie, Krankheiten, Verbreitung und Systematik, dazu vielerlei Fischereiliches und Fischereibiologisches.

Band I, erschienen 1916, bringt auf 718 Seiten die Arbeiten der Autoren von A bis K, Band II, erschienen 1917, auf 702 Seiten die von L bis Z und eine Liste anonymer Publikationen. Der dritte Band soll 1923 folgen und wird das Riesenwerk erst recht benutzbar machen. Für diesen Band ist vorgesehen: 1. Titel der vorlinnischen Werke, 2. allgemeine Bibliographien, die Hinweise auf Fische enthalten, 3. Reisen und Expeditionswerke mit Hinweisen auf Fische, 4. periodische Schriften über Fische und Fischerei, 5. Inhaltsverzeichnis nach dem Stoff, 6. Zusätze und Berichtigungen.

Da für das Werk fast alle bedeutenden Literatur-sammlungen mit benutzt werden sind (Dean erwähnt die Zoological Records, Carus und Engelmann, Louis Agassiz' Bibliographie [1848—1854] und die Karten des Concilium Bibliographicum), außerdem eine große Zahl von ichthyologisch arbeitenden Forschern direkt um Einsendung der Titel ihrer Arbeiten ersucht worden war, ist das vorliegende Werk für die Zeit bis einschließlich 1913 (1914) so zuverlässig und vollständig wie nur möglich. Daß sich trotzdem Irrtümer und Auslassungen finden werden, ist gleichwohl ziemlich sicher, und Dean trägt dieser Wahrscheinlichkeit von vornherein Rechnung, wenn er den Satz von Stevenson: „If you are troubled with a pride of accuracy and would have it completely taken out of you, print a catalogue!“ auch für sich als moralische Stütze aufgreift. Wie richtig das ist, davon kann ich aus eigener Erfahrung ein Lied singen! E. Mohr.

Zusammenklang Königscher Stimmgabeln. (E. Wetzmann, Schles. Ges. f. vaterländ. Kultur, Sitzung vom 21. November 1922.) An einem Satz R. Königscher Stimmgabeln die in dem Bereiche von $c_3 = 1024$ v. d. bis $c_5 = 4096$ v. d. liegen, sind einige Beobachtungen gemacht worden, die für die Helmholtzsche Theorie der Differenzöne (D.T.) sowie die vom Verf.¹⁾ vorgeschlagenen Abänderungen bzw. Ergänzungen dieser Theorie und für die Lindigsche²⁾ Theorie der Asymmetrieöne von Interesse sind.

Die Schwingungszahlen unserer Gabeln sind ganzzahlige Vielfache von 256. Werden gleichzeitig zwei Gabeln von den Schwingungszahlen $p = a \cdot 256$ und $q = b \cdot 256$ angeschlagen, wobei a und b teilerfremd sind, so hört man vielfach neben p und q und anderen aus ihnen resultierenden Tönen auch den Ton 256. Dieser Ton läßt sich rechnerisch in der Form eines D.T. $m q - n p$ darstellen, und seine Schwingungszahl ist identisch mit der Periodenzahl der aus p und q Resultierenden. Wir bezeichnen den Ton $m q - n p$ als D.T. $(m + n - 1)$. Ordnung, entsprechend der Tatsache, daß bei dem Helmholtzschen Näherungsverfahren zur Integration der Grundgleichung der D.T. die Mitnahme des quadratischen Gliedes der zur Lösung an-

gesetzten Potenzreihe den D.T. 1. Ordnung $p - q$ ergibt, die Mitnahme der dritten Potenz die D.T. $2 p - q$, $p - 2 q$ usw. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Ordnungszahl und die Stärke des Tones 256 bei verschiedenen Primärtonintervallen $p : q$.

Tabelle 1.

p	q	$m q - n p$	Stärke von 256
3840	2048	$2 q - p$	sehr stark
2304	1024	$p - 2 q$	" "
3328	2304	$3 q - 2 p$	" "
4096	2816	$3 q - 2 p$	" "
3584	2304	$2 p - 3 q$	" "
3328	2560	$4 q - 3 p$	stark
2816	2048	$3 p - 4 q$	"
3328	2048	$5 q - 3 p$	deutlich
4096	3328	$5 q - 4 p$	"
3584	2816	$4 p - 5 q$	"
2816	2304	$5 q - 4 p$	"
		$5 p - 6 q$	"
4096	2304	$4 p - 7 q$	"
3328	2816	$6 q - 5 p$	"
		$6 p - 7 q$	"
3840	3328	$7 q - 6 p$	"
		$7 p - 8 q$	"

Zur angenäherten Charakterisierung der Angaben in der Tabelle sei bemerkt, daß 256 als „stark“ bezeichnet ist, wenn er schon bei leichtem Anschlagen der beiden Gabeln mit einem Bleistift deutlich hervortritt.

Das Auffallende ist nun, daß 256 nicht nur als D.T. niedriger Ordnung, etwa von der 1. und 2. Ordnung, auftritt, sondern auch als D.T. sehr hoher Ordnung, bis zur 14.³⁾ hin. Dabei ist zunächst vorausgesetzt, daß er wirklich als „echter“ D.T. hoher Ordnung zwischen den beiden reinen Primärtonen (P.T.) p und q ohne die Mitwirkung von Obertönen (O.T.) entsteht. Aus der Helmholtzschen Theorie ist das Auftreten von D.T. so hoher Ordnung kaum zu begreifen. Ferner ist zu bemerken, daß nicht etwa die ganze Reihe der möglichen D.T. bis zur Ordnung von 256 hier beobachtet wurde, sondern 256 ist vor anderen D.T., obwohl sie von niedrigerer Ordnung sind, bevorzugt. Zweifelloso spielen hierbei subjektive Gründe mit. Es läßt sich aber auch eine physikalische Bevorzugung desjenigen D.T., dessen Schwingungszahl mit der Periodenzahl der aus p und q Resultierenden übereinstimmt, verständlich machen. Freilich sind hierzu gewisse Ergänzungen der Helmholtzschen Theorie notwendig, wie sie Verf. in der oben zitierten Arbeit gegeben hat.

Wir kommen jetzt zu der Frage, inwieweit harmonische O.T. von p und q mitwirken. Ist $7 p - 8 q$ wirklich ein D.T. 14. Ordnung zwischen p und q , oder ist es ein D.T. 1. Ordnung zwischen $7 p$ und $8 q$? Leider ist es kaum möglich, hier volle Klarheit zu schaffen, da die Prüfung unserer Gabeln auf höhere harmonische O.T. äußerst schwierig ist. Auf die Gründe hierfür soll nicht näher eingegangen werden, es sei nur der eine Punkt erwähnt, daß die in Betracht kommenden O.T. praktisch zum großen Teil schon oberhalb der Hörgrenze liegen. Nehmen wir aber an, das Auftreten von 256 sei wirklich durch die

³⁾ R. König hat bei ähnlichen Untersuchungen (Pogg. Ann. 157, 177, 1876) nur die D.T. $p - q$, $2 q - p$ und $3 q - 2 p$ beobachtet.

¹⁾ E. Wetzmann, Zeitschr. f. Physik 1, 416, 1920.

²⁾ F. Lindig, Ann. d. Phys. 11, 31, 1903.

Mitwirkung von O.T. bedingt, so wird es dadurch kaum weniger interessant. F. Lindig hat in der oben zitierten Arbeit gezeigt, daß harmonische O.T. von Stimmungsgabeln, die in den Schwingungen der Zinken gemäß der Theorie der Stabschwingungen noch nicht enthalten sein können, in den an die Zinken angrenzenden Luftschichten entstehen können. Hierzu setzt er für die schwingenden Luftteilchen das gleiche quadratische Kraftgesetz wie Helmholtz an, legt aber das entscheidende Gewicht nicht auf große Elongationen, sondern auf die starke Asymmetrie in der Lagerung der Luftteilchen. Demgemäß bezeichnet er die so entstehenden O.T. als Asymmetrietöne. Es wäre nun für die gesamte Theorie der D.T. und der Asymmetrietöne wichtig, wenn bei Stimmungsgabeln in der Höhenlage von c_3 bis c_5 merkliche Asymmetrietöne bis zur 7. Ordnung hin auftreten. Infolgedessen scheinen unsere Beobachtungen nicht wesentlich an Interesse zu verlieren, wenn es offen bleibt, ob es sich um D.T. oder um Asymmetrietöne hoher Ordnung handelt.

Eine objektive Untersuchung der bisher hauptsächlich subjektiv beobachteten D.T. ist, abgesehen von den bekannten Schwierigkeiten, D.T. überhaupt objektiv darzustellen, durch die Höhenlage unserer Stimmungsgabeln erschwert. Gleiche P.T.-Intervalle können in tiefer Tonlage andere Resultate als in hoher Tonlage geben. Die Erfahrung lehrt, daß im allgemeinen die Intensität der D.T. mit wachsender Höhenlage der P.T. stark zunimmt, was die Helmholtz'sche Theorie wiederum nicht zu erklären vermag. Jedoch läßt sich durch eine Zusatzüberlegung ein Zusammenhang zwischen der Intensität der D.T. und den Schwingungszahlen der P.T. aufzeigen. M. Wien⁴⁾ hat die Druckschwankungen berechnet, welche eine schwingende Telephonplatte in der umgebenden Luft hervorruft. Als P.T.-Quellen seien nun zwei Telephonplatten mit den Schwingungszahlen p und q und den Amplituden A_1 und A_2 gegeben. Dann findet man die Amplitude von $p - q$ als proportional mit $p^2 q^2 A_1 A_2$, die von $2q - p$ als proportional mit $p^2 q^4 A_1 A_2$ usw.

Ein ausführlicher Bericht über die vorstehend skizzierten Beobachtungen und Rechnungen findet sich in der Physikal. Zeitschrift 23, 382, 1922.

Eigenbericht.

Annual Report of the Director, United States Coasts and Geodetic Survey 1921. Im Gegensatz zu den meisten Jahresberichten wissenschaftlicher Ämter, die lediglich auf Organisationsfragen näher eingehen, enthält der letzte Tätigkeitsbericht des Coast and Geodetic Survey mancherlei, das der Besprechung wert ist. Psychologisch interessant ist zunächst die temperamentvolle Art, mit der sich der Direktor E. Lester Jones für die Gehaltsforderungen seiner Angestellten in diesem Berichte an den Kongreß einsetzt. Daß das Zentralbureau sich nicht auf der Höhe der Leistungsfähigkeit befindet, liegt, so führt er aus, an der Nichterfüllung dieser berechtigten Ansprüche, wodurch Mißvergnügen bei den Angestellten, Zeitverluste bei den Chefs und Schaden für das Vaterland verursacht wird. Er schließt diese Ausführungen mit den Worten: „In this bureau we are endeavouring to give the public a salable article, but with these handicaps the output is produced under unnecessary difficulties which mean delay and waste.“ Wir lesen mit einem leisen Lächeln diese deutliche Sprache, die uns in einem solchen Berichte recht fremd anmutet, und erinnern uns, daß bei uns die Notlage der technischen und wissenschaftlichen Angestellten nahezu die Regel ist.

⁴⁾ M. Wien, Arch. f. d. gesamte Physiologie 97, 1, 1903.

Nicht weniger eindringlich setzt sich der Direktor für den Bau eines neuen ansehnlicheren Gebäudes des Amtes ein. „It is waste to continue under existing conditions.“

Der nächste Absatz ist überschrieben: „Current observations will save live and vessels.“ Von 1900 bis 1921 sind mehr als 100 Schiffe an der Pazifischen Küste der Vereinigten Staaten gestrandet, in der Hauptsache wegen der ungenügenden Kenntnis ihrer Strömungen. In einer Spezialpublikation, betitelt: „The neglected waters of the Pacific coast. Washington, Oregon, and California. By E. Lester Jones, Special Publication No. 48. U. S. Coast and Geodetic Survey, 1918“, werden in einer äußerst eindringlichen Weise die besonderen Schwierigkeiten der Schifffahrt an dieser Küste, die im Gegensatz zur sandigen atlantischen steil und felsig ist, geschildert. Diagramme veranschaulichen, daß nur ein geringer Bruchteil vom Meeresboden bekannt ist, und daß gelegentliche neue Lotungen zur Entdeckung unterseischer Täler geführt haben. Wenn gegen die Kenntnis ein wertvolles Hilfsmittel bietet, den Schiffsort aus Lotungen zu verifizieren. Der wesentlichste Übelstand ist aber die gegenwärtige Unkenntnis über die Strömungen in diesen gefährlichen Küstenbewässern. Die Wasserbewegungen haben hier weder den Charakter konstanter Strömungen, wie z. B. im Golfstrom, noch den von periodischen Gezeitenströmungen. Sie erscheinen als bloße Oberflächeströmungen, verursacht durch meteorologische Bedingungen und unterliegen häufigen Änderungen in Richtung und Stärke, jedoch nicht so, daß eine enge Beziehung zwischen Wind und Strom immer erkennbar ist. Der Seemann ist also nicht in der Lage, die Abtrift durch die Strömung in Rechnung zu setzen. Nur eine gründliche Erforschung der verwickelten Strömungsvorgänge kann hier Abhilfe schaffen. Mit erschütternder Eindringlichkeit zeigen uns Karten und Photographien die große Zahl der hier gestrandeten Schiffe, die meist dem Mangel an genauen Seekarten und vor allem der unzulänglichen Kenntnis der Strömungen zum Opfer gefallen sind.

Daneben betont Jones die Notwendigkeit des Ausbaues einer Reihe anderer Aufgaben, wie der Erdbeben-Vorhersagen, der Vermessung vom Flugzeug aus und der Vermessung von Alaska und Hawaii. Doch den Hauptnachdruck legt er auf die Wiederaufnahme ozeanographischer Forschung, und damit scheint sich in Amerika wieder eine Entwicklung anzubahnen, die nach einem ruhmreichen Beginn in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts fast völlig zum Stillstand gelangt war. „Oceanographical Research essential to Nation Welfare“ ist das Schlagwort. Die Erkenntnis, daß „Meereskunde, Wirtschaft und Staat“ eng miteinander verflochten sind, wie kürzlich A. Merz in seiner inhaltsreichen Schrift überzeugend dargetan hat (Sammlung Meereskunde Heft 157), beginnt nun auch sich bei den Amerikanern Bahn zu brechen. In den Jahren 1845 bis 1890 hatte das amerikanische Amt des Coast and Geodetic Survey ozeanographische Untersuchungen im gesamten amerikanischen Mittelmeer und im Gebiete des Golfstroms bis zur Neufundlandbank in einem Umfange angestellt, der später von keinem hydrographischen Amte je wieder erreicht wurde. Diese Forschungen sind verknüpft mit den Namen Mitchell, Sigsbee, Bartlett und Pillsbury und können heute noch in mancher Hinsicht als unübertroffen gelten. Mit dem Jahre 1890 schwindet das Interesse des Amtes an diesen Problemen, hauptsächlich weil andere dringendere Aufgaben der Küstenvermessung alle verfügbaren Forschungs- und Vermessungsfahrzeuge in Be-

schlag nahmen. Auf dem Gebiete der Ozeanographie wurden nur theoretische Untersuchungen angestellt, es erschienen in den Reports die großen theoretischen Arbeiten von *Harris* über die Gezeiten der Ozeane. Heute steht es so, daß wir, so paradox es klingen mag, z. B. über die physikalischen Verhältnisse des kaum schiffbaren Weddelmeeres am Rande des antarktischen Kontinents besser unterrichtet sind als über die physikalischen Bedingungen der amerikanischen Seite des Atlantischen Ozeans oder gar des gesamten Pazifischen Ozeans, von kleinen küstennahen Gebieten abgesehen. Seit dem Kriege hat sich nun auch in Amerika nicht nur bei den Gelehrten, sondern auch bei den Seeleuten und Fischern in steigendem Maße das Verlangen nach genauerer Kenntnis der physikalischen Verhältnisse dieser Ozeane geltend gemacht und die 1920 in Hawaii tagende Pan-Pazifische wissenschaftliche Konferenz veranlaßt, aufs nachdrücklichste die Erforschung der fast völlig unbekannten ozeanographischen Verhältnisse des Pazifischen Ozeans durch die staatlichen hydrographischen Ämter der Uferstaaten zu fördern. Die gleiche Forderung erhebt nun *Jones* für den Atlantischen Ozean und er beantragt hierfür ein eigenes Forschungsfahrzeug. Nach allem gewinnt man den Eindruck, als ob die amerikanische Tatkraft, nachdem sie die Bedeutung der Meeresforschung für Wirtschaft und Staat erkannt hat, sich vielleicht in ähnlicher Weise wie in der Erforschung des Erdmagnetismus der gesamten Erde (durch das Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution) sich auch der Ozeanographie annehmen wird.

Die weiteren Kapitel schildern, von zahlreichen Karten begleitet, den gegenwärtigen Stand der geodätischen, hydrographischen, magnetischen und Gezeitenvermessung an den Küsten bzw. im Innern des Landes und entwickeln ein Programm der notwendigsten Aufgaben auf diesen Gebieten. *Georg Wüst.*

Feuerlöschen durch Wasserdampf. Bekanntlich werden schnelllaufende elektrische Generatoren, wie sie zur Kupplung mit Dampfturbinen verwendet werden, nur noch in ganz geschlossener Bauart gebaut. Dies bedeutet, daß die Kühlung durch künstliche Ventilation bewirkt werden muß; die Läufer derartiger Maschinen sind mit Ventilatoren versehen, welche die Kühlluft in geschlossenen Kanälen durch Entstaubungseinrichtungen hindurch ansaugen und in geschlossenen Kanälen wieder abführen. Es sind erhebliche Luftmengen, welche auf diese Weise durch die Maschine hindurchbefördert werden, und es leuchtet ein, daß im Falle eines Brandschadens im Generator die weitere Verbrennung durch diesen Luftstrom begünstigt wird; sie führt meistens zu einer völligen Zerstörung, wenn nicht für eine schnelle Erstickung der Flammen gesorgt wird. Man hat in einzelnen Fällen versucht, diese Gefahr zu vermindern oder zu beseitigen, indem man Kohlensäureflaschen bereit hielt, deren Inhalt man nach Absperrung des Lufteinlaßkanals in den Generator einblasen wollte. Abgesehen von der beschränkten Vorratsmenge an Kohlensäure hat dieses Verfahren eine Gefährdung des Bedienungspersonals im Gefolge, da durch die Undichtigkeiten an den Wellenausstritten und in den Abführungskanälen Kohlensäure in den Maschinenraum eintreten wird. In den meisten Fällen ist in der Praxis Wasser als Löschmittel verwendet worden; es liegt auf der Hand, daß die Folgen einer solchen Maschinenrettung recht fragwürdige sind.

Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft in Berlin

hat angesichts der außerordentlich großen Werte, die bei Generatorschäden auf dem Spiele stehen, Versuche mit Löschung durch Dampf unternommen, die einen sehr guten Erfolg gezeitigt haben und den Brand innerhalb einiger Sekunden ersticken. Es ist nur erforderlich, die im Falle eines Brandes zu betätigenden Handgriffe bequem und übersichtlich an der Maschine selbst anzuordnen. Sie bestehen in Hebeln zum Verschließen der Saugklappen und in einem Dampfventil, welches die Dampzuführung vom Kessel im gewöhnlichen Betriebe absperrt und im Falle eines Brandes den Dampf an die geeigneten Stellen des Generators einströmen läßt. Frischdampf steht immer in genügenden Mengen zur Verfügung. Zur Verhütung des Eintretens von Sickerdampf durch ein undichtes Ventil sind mit bekannten Hilfsmitteln Vorkehrungen zu treffen. Selbstverständlich muß eine auf diese Weise durch Dampf gelöschte Maschine nachträglich elektrisch getrocknet werden, wie es ohnedies nach jeder Reparatur geschieht.

Tr.

Bildung der Salzlager. Im allgemeinen versucht man die Bildung der Salzlager an der Hand der Erscheinungen am Karabugas zu erklären: Der Karabugasbusen ist mit dem Kaspisee durch einen natürlichen Kanal verbunden und empfängt von ihm sein Wasser, das in dem Maße, wie es im Busen verdunstet, nachströmt. So wird das Wasser des Karabugas immer reicher an gelösten Stoffen, und in dem Grade, als der Spiegel des Kaspisees sich senkt, wird eines Tages der Fall eintreten, daß der Busen völlig abgeschnürt wird und seine ganze, durch lange Zeit hindurch angereicherte Salzmenge auskristallisieren muß.

Etwas andere Verhältnisse zeigt nach *Dégoutin* (Le Genie civil 81, 348, 1922) der Assalsee. Sein Spiegel liegt ca. 150 m unter dem des Arabischen Meers. Daher führen auch die den See speisenden Quellen etwas Salz, das durch Infiltration vom Meere her stammt. Die starke Verdunstung läßt aber das Salz an den Ufern des Sees in Form von ca. 3 mm dicken Kügelchen sich absetzen zusammen mit organischen Resten, die sich jedoch nicht zersetzen. So müssen, je nach der Konzentration und Temperatur, die einzelnen Salze auskristallisieren, und einst werden sich auch die Kalisalze, wie jetzt das Kochsalz, ausscheiden.

Selbstredend können von solchen Verhältnissen aus keine so großen Kalisalzlager entstehen, wie sie die Industrie abbaut. Vielmehr muß noch ein zweiter Faktor eine Konzentration und Umbildung der Kalisalze bewirken. Nach *Dégoutin* sind es heiße Quellen, die ältere Salzlager auslaugen und je nach ihrer Temperatur eine selektive Auflösung der Salze bewirken. So müssen im Wasser dieser Quellen die Salze angereichert werden, deren Löslichkeit mit der Temperatur steigt, d. h. Kali- und Magnesiumsalze, ein Prozeß ganz ähnlich dem, der in der Industrie verwandt wird, um KCl aus Sylvinit zu gewinnen. Durch die hohe Temperatur des Wassers würde sich auch die Bildung von Salzen erklären, welche, wie *van't Hoff* gezeigt hat, erst bei höherer Temperatur sich ausscheiden können.

Aus der *Dégoutin*'schen Hypothese würde also folgen, daß die Kalisalzlager in der Nähe älterer Ablagerungen, die Salz führen oder geführt haben, liegen müssen. So liegen die tertiären Salzlager des Elsaß in der Nähe älterer Salzlager von Lothringen und der Franche-Comté, und möglicherweise stammt, nach *Dégoutin*, dessen Salz vermittle einer selektiven Auflösung aus diesen älteren Lagern.

H. Stenzel.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaften

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 20. (Seite 365—388.)

18. Mai 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Studien über die Bewegungsphysiologie niederer Organismen. Von *P. Metzner, Berlin-Dahlem*. (Mit 6 Abbildungen). S. 365.

Was vermögen die radioaktiven Methoden der Altersbestimmung von Mineralien heute zu leisten? Von *Gerhard Kirsch, Wien*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 372.

Besprechungen:

Held, Hans, Über die Entwicklung des Achsen-skeletts der Wirbeltiere. Von *H. Braus, Würzburg*. S. 380.

Leche, Wilhelm, Der Mensch, sein Ursprung und seine Entwicklung in gemeinverständlicher Darstellung. 2. Auflage. Von *Th. Mollison, Breslau*. S. 381.

Zawadowsky, M., Das Geschlecht und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale. Von *T. Peterfi, Berlin-Dahlem*. S. 382.

Eddington, A. S., The mathematical theory of relativity. Von *M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf*. S. 382.

Planck, Max, Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Von *W. Schottky, Rostock*. S. 384.

Lorentz, H. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung für Studierende der Naturwissenschaften. 4. Auflage. Von *R. Courant, Göttingen*. S. 385.

Theories of Magnetism. Bulletin of the National Research Council. Von *W. Schottky, Rostock*. S. 385.

Schiller, Karl, Einführung in das Studium der veränderlichen Sterne. Von *H. Ludendorff, Berlin-Potsdam*. S. 386.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 386—388.

Zur Frage der Ausbreitung, Ansteckungsart und Verhütung der Lepra. Deutsche Ornithologische Gesellschaft. Neue Untersuchungen über Intersexualität. Die Entwicklungserregung parthenogenetischer Eizellen.

Vor kurzem erschien:

Neue Bahnen in der Lehre vom Verhalten der niederen Organismen

Von Dr. **Friedrich Alverdes**

Privatdozent für Zoologie an der Universität Halle

Mit 12 Abbildungen. (IV, 64 S.) 1922. G. Z. 2,3

Inhaltsverzeichnis:

- I. Der Organismus und die Umwelt.
- II. Die Variabilität des Verhaltens.
- III. Die Reaktionsarten.
- IV. Stimmungen.

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für Mai 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 9050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer.
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius
Konten Springer.

Verlag von JULIUS SPRINGER in Berlin W 9

Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere.

Herausgegeben von

F. Czapek, M. Gildemeister, E. Godlewski jun.,
C. Neuberg, J. Parnas.

Redigiert von J. Parnas.

Erster Band: **Die Wasserstoffionen-Konzentration.** Ihre Bedeutung für die Biologie und die Methoden ihrer Messung. Von Dr. Leonor Michaelis, a. o. Professor an der Universität Berlin. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. In 3 Teilen. Erster Teil: **Die theoretischen Grundlagen.** Mit 32 Textabbildungen. (XII, 262 S.) 1922.
Neudruck in Vorbereitung.

Zweiter Band: **Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine Physiologie.** Von Hans Winterstein, Professor der Physiologie und Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Rostock i. M. Mit 7 Textabbildungen. (IX, 319 S.) 1919.
G. Z. 10

Dritter Band: **Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels.** Von Dr. M. Guggenheim. (VIII, 376 S.) 1920.
G. Z. 12

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Archiv für Elektrotechnik

Herausgegeben unter Beteiligung
des

Verbandes deutscher Elektrotechniker
und des Elektrotechnischen Vereins

von

Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski, Aachen.

Inhalt

des I. Heftes vom XII. Band (10. März 1923).

Die elektrische Festigkeit am Rande des Plattenkondensators. Von W. Rogowski.

Ungedämpfte Schwingungen der elektrostatisch gekoppelten Kreise und ihr mechanisches Modell. Von W. Tatarinow.

Bestimmung des Streukoeffizienten, sein Einfluß in der Wirkungsweise eines zweiseitigen Wechselstrom-Transformators und die Bestimmung des Kreisdiagrammes. Von Pl. Andronescu.

Mitteilung des Herausgebers über Eigenberichte für die Elektrotechnische Zeitschrift.

Eigenschwingungen von Systemen mit periodisch veränderlicher Elastizität. Von L. Dreyfus.

Kann eine Gleichstrommaschine mit magnetischer Rückkopplung in wirtschaftlicher Weise Hochfrequenzstrom erzeugen? Von H. Stahl.

Reinigung und Durchschlagfestigkeit von Transformatorenöl. Von F. Schröter.

Elektrizität und Landwirtschaft. Von K. Schmidt.

Die Durchschlagfestigkeit von festen geschichteten Isoliermaterialien bei verschiedenartigen elektrischen Beanspruchungen. Von F. Grünwald.

Verlag von JULIUS SPRINGER in Berlin W 9

Studien über die Bewegungsphysiologie niederer Organismen.

Von P. Metzner, Berlin-Dahlem.

I.

Weitaus die Mehrzahl der im Wasser lebenden Mikroorganismen ist dauernd oder wenigstens während gewisser Entwicklungszustände zu aktiver Ortsbewegung befähigt. Amöben und andere Rhizopoden, Kieselalgen, gewisse Zieralgen (z. B. *Closterium*), Blaualgen (*Oscillaria*) und Schwefelbakterien (*Beggiatoa*) kriechen nur auf fester Unterlage umher, während das Heer der „Aufgußtierchen“ — Ciliaten, Flagellaten, Bakterien und pflanzliche Schwärmer — sich frei im Wasser tummelt. So verschieden wie die Art der Fortbewegung sind auch die Mittel zur Erreichung dieses Zweckes. Bei kriechenden Organismen sind gewöhnlich keine besonderen Bewegungsorgane ausgebildet — Plasmabewegungen als Folge von Oberflächenspannungsänderungen (bei Rhizopoden) oder bestimmt gerichtete Schleimausscheidungen (*Oscillarien*, vermutlich auch *Beggiatoa*) sind die treibenden Kräfte. Nur bei den Diatomeen findet sich ein komplizierter sinnreicher Mechanismus, der die Bewegung regelt. Dagegen bedürfen freischwimmende Objekte stets mechanisch wirkender Schwimmorgane — Wimpern, Geißeln oder undulrierender Membranen —, durch deren Tätigkeit die Organismen vorangetrieben werden.

Jeder Tropfen Sumpfwasser oder eines Heuaufgusses zeigt uns ein buntes Gewimmel mannigfachster Gestalten in regellosem Durcheinander. Aber nicht immer bleiben die Schwimmbahnen dem Zufall überlassen. Äußere — physikalische und chemische — Einflüsse können nämlich diese Bewegungen in bestimmte Bahnen leiten, zu oft recht auffälligen Reizbewegungen („Taxien“) Anlaß geben, die auch im normalen Lebenslauf dieser Organismen eine große Rolle spielen. Das Studium dieser Bewegungserscheinungen bietet somit für die physiologische Erforschung der lebendigen Substanz in mehrfacher Hinsicht Interesse. Von grundsätzlicher Bedeutung ist es angesichts der Mannigfaltigkeit in Körperform und Bewegungsmodus, zunächst den hier gebotenen mechanischen Problemen nachzugehen und die gemeinsamen Gesetzmäßigkeiten aufzudecken. Eröffnet uns doch dieser Weg im Verein mit physiologischen Versuchen allein die Aussicht, indirekt Anhaltspunkte für die Art und den Ablauf der Vorgänge im Geißelplasma zu gewinnen, die als Ursache der sichtbaren Bewegung gelten müssen und die aus leicht ersichtlichen

Gründen der direkten Beobachtung nicht zugänglich sind.

Wimpern und Geißeln wurden am ehesten bei Ciliaten (*Paramecium* und verwandten Formen), relativ früh auch bei einzelnen Flagellaten erkannt. Schon *Baker* deutete 1762 diese Gebilde bei *Volvox* ganz richtig als Bewegungsorgane. Erst viel später lernte man die Geißeln als Bewegungsorgane bei den Bakterien kennen. All diese Gebilde sind ja entsprechend der Kleinheit der Organismen so fein, daß sie nur in günstigen Fällen überhaupt die Grenze mikroskopischer Sichtbarkeit überschreiten, und selbst die relativ kräftigen Cilien der Infusorien lassen auch bei Verwendung unserer besten Mikroskopoptik am lebenden Objekt keine Einzelheiten des Baues sicher erkennen. Zwar hatte schon *Ehrenberg* 1836 bei dem riesigen zu den schwefelhaltigen Purpurbakterien zählenden *Thiospirillum jenense* (damals noch *Ophidomonas jenense* genannt) den feinen bewegten „Rüssel“ gesehen und *Cohn* 1872 Geißeln als Bewegungsorgane der großen Faulwasserspirillen beschrieben, doch wurde der Nachweis von Geißeln bei allen aktiv beweglichen Bakterienformen erst durch die von *Höffler* 1889 in die bakteriologische Technik eingeführte Beiz- und Färbemethodik ermöglicht. Hierbei wird durch Quellung der Ciliensubstanz und Anlagerung von Farbstoffen erreicht, daß die Geißeln nun die zur Sichtbarmachung erforderliche Dicke erhalten. Freilich lassen sich mit dieser Arbeitsweise nur morphologische Fragen — Vorkommen, Zahl, Größe und Anordnung der Geißeln — entscheiden; weder über feinere anatomische Einzelheiten noch über die Art und Weise der mechanischen Wirksamkeit läßt sich etwas Bestimmtes aussagen. Auch bei der Beurteilung der Tätigkeit der derberen Geißeln von Flagellaten und Wimpern von Infusorien mußte man sich auf die Beobachtung absterbender oder durch Gelatine bzw. Quittenschleim in der Bewegung behinderter Individuen beschränken, weil bei normaler Geschwindigkeit die Cilien dem Auge wie eine rasch geschwungene Peitsche entschwinden.

Erst die Einführung der Dunkelfeldbeleuchtung mit Hilfe der modernen Spiegelkondensoren (von *Reichert*, *Siedentopf*, *Jentzsch* u. a.) brachte neue Fortschritte. Das Prinzip dieser Methodik besteht bekanntlich darin, daß durch intensive (und allseits gleiche) seitliche Beleuchtung auch ultramikroskopisch kleine Objekte leuchtend auf dunklem Grunde hervortreten — ähnlich wie wir die feinsten sonst unsichtbaren Stäubchen im Sonnenlicht tanzen sehen. Das gilt nun auch für die feinen Wimpern und Geißeln, und wir sind so

imstande, diese Gebilde am lebenden unversehrten Objekt während ihrer Tätigkeit zu beobachten. Wir sehen allerdings in den meisten Fällen nicht etwa die Form der bewegten Wimper selbst, sondern infolge der großen Geschwindigkeit des Cilienschlages und der Nachwirkung des Lichteindrucks im Auge nur den von ihr durchschwungenen Raum als mattleuchtendes Gebilde mit etwas helleren Konturen: den „Schwingungsraum“. Von Reichert (1909), Fuhrmann (1910), Uehla (1911) und Buder (1915)¹⁾ ist so die Bewegung, besonders die Gestalt der Schwingungsräume einer Anzahl von Organismen mit Erfolg studiert worden. Für eine genauere Analyse des Formwechsels der Cilien und der Kräfteverteilung während der Bewegung z. B. bei Flagellaten reicht jedoch die Beobachtung der Schwingungsräume allein nicht aus, und es ist deshalb versucht worden, durch Kombination verschiedenartiger Beobachtungsmethoden und Heranziehung geeigneter Modellversuche die mechanische Wirksamkeit der Cilien und ihre Beteiligung bei der Ausführung der verschiedenen Reizbewegungen zu ermitteln (Metzner 1920, 1923).

II. Der Bau der Cilien.

Zum besseren Verständnis der Bewegungserscheinungen müssen wir uns zunächst über die wichtigsten anatomisch-morphologischen Tatsachen kurz orientieren. Der äußeren Gestalt nach hat man zwischen Wimpern (Flimmern, Cilien im engeren Sinne) und Geißeln unterschieden. Erstere sind meist verhältnismäßig kurz und bekleiden in größerer Anzahl die Oberfläche der Organismen (z. B. Infusorien); hierher sind auch die Wimpern des Flimmerepithels der Metazoen zu rechnen. Die Geißeln hingegen sind nur einzeln oder in geringer Anzahl vorhanden und zeichnen sich in der Regel durch größere Länge aus (so z. B. bei Flagellaten, Mastigamöben, pflanzlichen Schwärmern). Diese Abgrenzung ist jedoch nur konventionell, denn beide Gruppen von Cilien stimmen im feineren Bau und im inneren Mechanismus der Bewegung überein — soweit wir das mit unseren heutigen Mitteln entscheiden können.

Am lebenden Objekt erscheinen die Cilien als homogene, optisch isotrope und etwas lichtbrechende Fäden von kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt, die in der Ruhe meist schwach schraubig gekrümmt erscheinen. Sie sind entweder in ihrer ganzen Ausdehnung gleich dick (etwa zwischen 0,05–0,5 μ) oder nach dem freien Ende zu verjüngt; in selteneren Fällen (Polytoma, Spermatozoiden von Marchantia) findet sich an einer verhältnismäßig derben Geißel noch ein viel dünneres Endstück (Fischer, Uehla, Metzner), das anscheinend nur passiv mitgeschleppt wird („Peitschengeißel“). Die Cilien sind — wie schon ihre aktive Beweglichkeit anzeigt — plasmatische Organe und entspringen in

allen Fällen dem Ektoplasma, durchbohren also auch etwa vorhandene Hüllschichten. Phylogenetisch scheinen sie aus Pseudopodien hervorgegangen zu sein; wenigstens kennen wir nach den Berichten verschiedener Autoren alle möglichen Übergangsformen, u. a. auch typische Pseudopodien, die auffällige, rasch schwingende Bewegungen ausführen. Durch Färbung fixierten Materials konnte an den Cilien verschiedener Organismen (Infusorien, Flagellaten, Flimmerzellen höherer Tiere) das Vorhandensein eines dichteren (elastischen?) Achsenstabes sichergestellt werden, der dann von einer ektoplasmatischen Hülle — der eigentlich aktiven Substanz — bekleidet ist (Lit. s. bei Erhard 1910). Mit denselben Methoden lassen sich am Fuß der Cilien im Innern der Zelle in der Regel besonders stark färbbare Gebilde nachweisen, die je nach ihrer Ausbildung als Wimperwurzeln (so bei Flimmerzellen), Basalkörperchen (z. B. bei Infusorien) oder Blepharoplasten (bei Flagellaten u. a.) bezeichnet werden und deren Bedeutung noch unklar ist. Peter und auch Strasburger meinten, hier sei das kinetische Zentrum für die Flimmerbewegung zu suchen; Eismond und eine Reihe anderer Autoren hielten diese Strukturen für mechanisch wirksame Verankerungen. Gurwitsch sieht sie als Organe zur Ernährung arbeitender und Regeneration „abgenutzter“ oder verlorengegangener Cilien an. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an verschiedenen Objekten, hauptsächlich an pflanzlichen Spermatozoiden, haben denn auch gezeigt, daß die Cilien tatsächlich aus dem Blepharoplasten hervorgehen und daß isolierte Cilien sich merklich länger bewegen, wenn ihnen das Basalkorn noch anhaftet (Alverdes 1922 a). Ob damit seine Funktionen erschöpft sind, ist freilich schwer zu sagen. Sind mehrere Cilien vorhanden, so entspringen sie entweder einem gemeinsamen Blepharoplasten (z. B. Spermatozoiden der Farne und Gymnospermen) oder es bestehen besonders differenzierte Verbindungen zwischen den einzelnen Cilien (bzw. ihren Basalkörpern). Je deutlicher diese Verbindungen entwickelt sind, um so mehr zeigen sich die Cilien in ihrer Tätigkeit voneinander abhängig. Am auffälligsten ist diese „Koppelung“ bei den Peristomwimpern (bzw. adoralen Membranellenstreifen) der Infusorien und den Cilienbändern der Spermatozoiden; sie äußert sich vor allem in strenger Gleichheit von Frequenz und Schlagrichtung und im sog. „Metachronismus“. (Jede Wimper beginnt ihren Schlag etwas später als die vorhergehende; die erste Wimper gibt also jeweils das Tempo an.) Wir gehen wohl kaum fehl, die Ursache dieser Abhängigkeit eben in diesen basalen Strukturen (etwa als Reizleitungsbahnen) zu suchen. Die Ergebnisse von Durchschneidungsversuchen (Verworn u. a.) sprechen ebenfalls für diese Ansicht. Rees fand 1921 die entsprechenden Gebilde bei Paramaecium zu einem einheitlichen Komplex mit einem gemeinsamen Zentrum vereinigt und spricht

¹⁾ Literaturverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

geradezu von einem „neuromotor system“. Das Geißelplasma ist zwar auch ohne Mitwirkung des Basalkornes oder Blepharoplasten überall zu aktiver Bewegung fähig (also autonom), aber die *Regelung* der Bewegung — sowohl die *Herstellung* der für die Cilienbewegung so charakteristischen strengen Rhythmik als auch die *Ausführung* der Reizantworten — geschieht auch bei der Einzelgeißel sicher von der Basis aus. Bei langsamerer Bewegung sieht man auch die Kontraktionen hier beginnen und distalwärts die Geißel entlangschreiten. Durch besonders hohen mechanischen Effekt und aktive Biegsamkeit zeichnet sich besonders das basalwärts gelegene Geißelende aus.

III. Die normale Bewegung.

Die Bewegungen selbst sind so vielgestaltig, daß es zunächst schwer erscheint, sie auf gewisse Typen zurückzuführen. *Valentin* versuchte bereits 1842 in seiner Zusammenstellung des damaligen Wissens von der Flimmerbewegung eine solche Einteilung. Er unterscheidet: 1. die hakenförmige (*motus uncinatus*), 2. die trichterförmige (*m. infundibuliformis*), 3. die schwankende (*m. vacillans*) und 4. die wellenförmige (*m. undulatus*). Später fügten *Becker* 1857 noch die peitschenförmige (*m. flagelliformis*) und *Erhard* 1910 die schraubenförmige Bewegung (*m. cochleariformis*) hinzu. Damit sind allerdings nur einige besonders einfache Spezialfälle erfaßt, die in den mannigfachsten Variationen und Kombinationen zu beobachten sind. Dazu kommt, daß sehr oft — besonders bei Einzelgeißeln — ein plötzlicher Wechsel des Bewegungsmodus stattfindet. Gleichwohl gelingt die Feststellung, daß unter gewissen Bedingungen besonders einfache mechanische Verhältnisse obwalten, die der Analyse zugänglich sind. Von hier aus bekommen wir auch einen Einblick in das Zustandekommen der scheinbar so komplizierten Bewegungsformen. — Wenn wir den mechanischen Effekt der Bewegung berücksichtigen, lassen sich zwanglos zwei Formen der Cilientätigkeit unterscheiden: Bei Organismen mit nur einer (in der Regel polar angehefteten) aktiven Geißel werden von dieser mehr oder minder regelmäßige *Rotationskörper* umschungen, und man kann in manchen Fällen wohl, wie das schon öfter getan wurde, ihre Wirksamkeit mit der einer Schiffschraube vergleichen. Bei längeren Wimperreihen erfolgt dagegen die Bewegung (der seitlich inserierten Cilien) in einer bestimmten Ebene mit kräftigem Vorschwung und schwächerem Rückschwung, so daß sich eine *Ruderwirkung* ergibt. Wir beginnen mit der Beschreibung der rotierenden Geißeln.

a) Die „rotierenden“ Cilien.

Auf Grund theoretischer Überlegungen hat bereits *Bütschli* 1889 eine Theorie der Geißelbewegung bei Flagellaten aufgestellt. *Bütschli* stellt sich vor, daß die Geißeln infolge einer in ihnen spiralig verlaufenden „Kontraktionslinie“ schrau-

big gekrümmt seien; dadurch, daß diese Kontraktionslinie die Geißel umwandert, gerät die „Geißelschraube“ in Rotation, nun etwa analog einer Schiffschraube oder einem Propeller wirkend. Die Geißel selbst ändert dabei ihre *Orientierung zum Körper* selbstredend nicht. Diese wohlgedachte Anschauung fand allgemeine Anerkennung, ist nach neueren Untersuchungen jedoch nur für wenige Sonderfälle gültig (*Büder, Metzner*). Für die Beurteilung der Bewegungsformen besonders fruchtbar erwies sich die konsequente Beachtung der Tatsache, daß die Gestalt der Geißeln während der Bewegung nicht nur durch die in ihnen wirkenden Kräfte bedingt ist, sondern von dem ihrer Bewegung entgegenwirkenden Wasserwiderstand unter Umständen stark beeinflusst wird — um so mehr, je rascher die Bewegung verläuft. Aus dem gleichen Grunde ist die Form des Körpers für die Bewegung von großer Bedeutung. Wir sind zwar über die Widerstandsverhältnisse so wenig kleiner Objekte weder theoretisch noch praktisch genügend informiert, doch konnten durch Versuche an rotierenden „Geißelmodellen“ wenigstens qualitativ vergleichbare Ergebnisse gewonnen werden (*Metzner* 1920 a, c).

Die Modellversuche wurden derart angestellt, daß verschieden gestaltete mehr oder minder elastische Drähte als „Geißeln“ innerhalb eines Wassertroges durch einen Motor in rasche Drehung versetzt wurden. Mit Hilfe seitlich beleuchteter in der Flüssigkeit schwebender winziger Gasbläschen konnten dann die vom Modell erzeugten Flüssigkeitsbewegungen studiert werden. Mit diesen Strömungsbildern und den Formen der „Schwingungsräume“ können dann die Verhältnisse am lebenden Objekt verglichen werden¹⁾. Die von den Geißeln erzeugten Strömungen lassen sich im Dunkelfeld oft sehr schön durch Zufügen kolloidaler Suspensionen (koll. Silber, Mastixsuspension, chines. Tusche), oft auch durch die beim Zerdrücken von Infusorien freiwerdenden feinkörnigen Plasmaeinschlüsse sichtbar machen²⁾.

Dabei stellte sich heraus, daß auch gerade Geißeln, die einen schlanken Kegelmantel umschwingen, eine Zugwirkung hervorbringen, und daß längere Geißeln bei ihrer Tätigkeit infolge des Wasserwiderstandes *passiv* Schraubenform annehmen. Je rascher die Bewegung erfolgt, desto schlanker werden die Schwingungsräume infolge einer zentripetal wirkenden Kraftkomponente, desto regelmäßiger wird aber auch die Bewegung,

¹⁾ Dabei bedurfte es natürlich genauer Untersuchung, inwieweit die Modellversuche mit den Beobachtungen an den — molekularen Dimensionen schon nahekommenden — Geißeln überhaupt vergleichbar sind.

²⁾ Solche Strömungen können natürlich nur entstehen, wenn die Organismen irgendwie (durch Festkleben, Einklemmen usw.) an der Bewegung *verhindert* sind, weil eben sonst die Organismen gegen das ruhende Wasser bewegt werden.

während bei langsamer Bewegung Unregelmäßigkeiten der Kontraktion viel eher zur Geltung kommen. Ja, es scheint, als ob durch die Schnelligkeit der Rotation den Geißeln eine gewisse Festigkeit und Starrheit der Form verliehen würde — ähnlich wie die von Parseval und Hoste konstruierten Stoffpropeller ihre Stabilität durch die Zentrifugalkraft erlangen. Nur spielt hier die Zentrifugalkraft begreiflicherweise keine Rolle, dagegen steht die Erscheinung vielleicht im Zusammenhang mit den Oberflächenenergien, denen zufolge — wie Hatschek gezeigt hat — kleine Flüssigkeitströpfchen z. B. immer mehr die Eigenschaften fester Körper annehmen, je kleiner sie sind. Auf die weichen plasmatischen Substanzen der Geißeln ist das ohne weiteres anwendbar. — Als Beispiel sei hier zunächst ein Individuum aus einer kleinen Kolonie von *Uroglena volvox* dargestellt (Fig. 1). Die Hauptgeißel ist in Fig. 1a in voller Tätigkeit begriffen und erzeugt einen ziemlich starken Wasserstrom, dessen Richtung und Stärke durch die Pfeile angedeutet ist. Bei abnehmender Schnelligkeit baucht sich der schlanke Schwingungsraum weiter aus (Fig. 1b) und bei weiterer Verlangsamung kann endlich

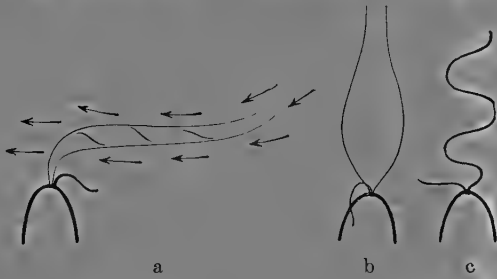


Fig. 1. Bewegung der Geißeln von *Uroglena volvox*.

kein „Schwingungsraum“ mehr zustandekommen: wir sehen die Geißel selbst in unregelmäßig schlängelnder Bewegung (Fig. 1c), wie sie ähnlich auch durch Hin- und Herbewegen eines dünnen Gummischlauches in Wasser zu erzielen ist. Bei genauerem Zusehen erkennen wir, daß auch hier die Basis der Geißel rotiert — einen Trichter beschreibt — und daß von ihr aus Kontraktionswellen an der Geißel distalwärts hinlaufen, die im Verein mit dem Wasserwiderstand zu der komplizierten Bewegung führen. Weiter sehen wir, daß auch die Lage des gesamten Schwingungsraumes bei unserem Objekt durch Krümmung der basalen Geißelpartie aktiv verändert werden kann. Nicht immer ist der Querschnitt des Schwingungsraumes kreisförmig, wie bei *Uroglena*; viel häufiger ist er elliptisch, oft auch ganz flach. Das kann die Folge eines besonderen Bewegungsmodus sein, aber auch rein passiv durch die Widerstandsverteilung bei bandförmigen Geißeln entstehen. So z. B. bei *Monas vulgaris*, *Chlamydomonas rosanoffii*, *Chlamydomonas paramecium*, *Pandorina morum* u. a. m. (Metzner 1920 a). Bei *Monas vulgaris* (Fig. 2) ist außerdem noch eine dauernde Krümmung des Schwingungsraumes zu

beobachten. Fig. 2a zeigt den Schwingungsraum mit der erzeugten Strömung im Profil, Fig. 2b denselben von vorn gesehen. Auch hier verbreitert sich der Schwingungsraum bei abnehmender Tätigkeit, und schließlich wird die Bewegung unruhig, „zappelnd“. Wiederum zeigt dann die Geißel komplizierte Bewegungen, die aus dem Zusammenwirken lokaler Kontraktionen mit dem Wasserwiderstand zu erklären sind. Die Erfahrung zeigt dann, daß die Vorstellung von der überwältigenden Mannigfaltigkeit der erzielten Formen sich in der Hauptsache von der Beobachtung solcher langsam arbeitender (oder durch Gelatinezusatz künstlich verlangsamer) Geißeln herleitet. Freilich ist gerade hier die Entscheidung, welcher Anteil an der Formveränderung aktiver Kontraktion zukommt und was lediglich Wirkungen des Widerstandes sind, im Einzelfall meist recht schwer zu treffen. — Die Bewegung erfolgt natürlich so, daß die Geißel vorangeht und den Körper nach sich zieht. Dabei rotiert auch der ganze Organismus um seine Achse, so daß die

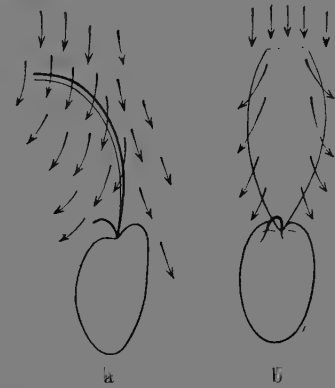


Fig. 2. Geißelbewegung bei *Monas vulgaris*.

Schwimmbahn meist eine Spirale darstellt. Auch das ist eine Folge des Wasserwiderstandes. Die rotierende Geißel ist ja an keinem festen Widerlager befestigt, und ein Teil des ihr entgegenwirkenden Widerstandes wird den Körper zu rückläufiger Rotation bringen. Je größer der Körper im Verhältnis zur Geißel ist, desto langsamer muß auch die Rotation sein; schließlich wirken Asymmetrien des Körpers dahin, daß die Rotationsachse vielfach außerhalb des Körpers zu liegen kommt. Fast alle Flagellaten bewegen sich in ähnlicher Weise, auch solche, die wie *Chlamydomonas*, *Chlamydomonas*, *Ulothrix*, *Ulva* usw. mehrere nach vorn gerichtete Schwingungsräume besitzen. Zu Umkehr der Bewegungsrichtung (also Schwimmen mit der Geißel am Hinterende) sind sie nicht oder nur ganz vorübergehend befähigt. Nur in seltenen Fällen ist die Schwimmgeißel wie bei den Spermatozoen der Wirbeltiere nach hinten gerichtet (so bei *Chytridium vorax* nach Strasburger). Bei mehrgeißeligen Objekten (Peridineen, Distomataceen) scheinen die nach rückwärts gerichteten (bisher höchstens als Steuer gededeuteten) „Schleppgeißeln“ nach noch nicht abgeschlossenen Beobachtungen die Bewegung wenig-

stens unterstützen zu können. — Die Körperform der Flagellaten zeigt oft ausgesprochene Tendenz zu spiraliger Ausbildung, und es ist schon öfters darauf hingewiesen worden, daß damit ein Vorteil für die Erhaltung einer geradlinigen Schwimmbahn verbunden ist (bes. *Euglena*-Arten, *Phacus longicauda* usw.).

In ihrer ganzen Länge aktiv als Schraube wirksame Geißeln, wie sie der Theorie Bütschlis entsprechen, haben sich bisher nur bei Bakterien (*Vibrien*, *Chromatien*) nachweisen lassen (Buder, Metzner 1920 a, c). *Chromatium Okenii* (Fig. 3) ist unipolar begeißelt und schwimmt in der Regel mit der Geißel am „hinteren“ Pol. Die derbe und verhältnismäßig lange Geißel erscheint in der Ruhe als rechtläufige Schraube (im Sinne der Botaniker); von etwa 1–2 vollen Umgängen und behält diese Form auch während der Bewegung annähernd bei. Der Schwingungsraum ist glockenförmig und genau drehrund. *Chromatium* kann nun seine Bewegungsrichtung auf Reize hin umkehren, und zwar einfach dadurch, daß der Drehungssinn der Geißel „umgeschaltet“ wird. Dann schwimmt also der Organismus mit der Geißel voran; der Schwingungsraum ist aber in diesem Fall kaum von dem „normalen“ verschieden! Das ist nur dann möglich, wenn die Geißel in verhältnismäßig starrer Schraubengestalt rotiert. Die am lebenden Objekt erhalte-



Fig. 3. *Chromatium Okenii* bei Dunkelfeldbeleuchtung (im Körper Schwefeltropfen).

nen Strömungsbilder decken sich auch aufs beste mit denen, die durch gleichgestaltete dünne Aluminiumdrähte erzeugt werden. Bei *Chromatium* läßt sich der Vorstellung Bütschlis nun auch eine morphologische Grundlage geben. Buder konnte nämlich wahrscheinlich machen, daß die „Geißel“ der *Chromatien* in Wahrheit einen aus zahlreichen Einzelgeißeln fest verklebten „Geißelschopf“ darstellt, dessen Elemente wie in einem Kabel verseilt sind. „Lassen wir in Gedanken eines der elastischen Elemente, die es zusammensetzen, sich kontrahieren, so wird das zuvor gestreckte Kabel die Gestalt einer Schraube annehmen, und es ist ohne weiteres einleuchtend, daß die Weite und Steilheit ihrer Windungen vor allem abhängig sind erstens von der Größe der Kontraktion, zweitens von dem Ausmaße der Torsion der Elemente im Kabel. Nehmen wir nun an, daß sich alle Elemente nacheinander in rhythmischer Folge kontrahieren und wieder ausdehnen, so wird die Kabelschraube rotieren und muß dabei die gleichen Erscheinungen zeigen, wie

wir sie bei den Geißelschrauben der *Chromatien* erblicken.“ (Buder 1915 S. 551.) Es wird also vorausgesetzt, daß die Einzelgeißeln metachron arbeiten; die Bewegungsumkehr wird durch ein Umschalten des Metachronismus bewirkt.

Aus tauartig verseilten — aber nicht so fest verklebten — Einzelgeißeln sind auch die derben Geißelschöpfe der *Spirillen* gebildet. Der schraubenförmige Körper der Faulwasserspirillen trägt gewöhnlich an beiden Körperpolen je einen solchen Geißelschopf (Fig. 4 c). Bei der Bewegung werden infolge metachroner Kontraktion der Einzelgeißeln wiederum drehrunde Schwingungsräume umschrieben; bestimmend für deren Gestaltung sind vor allem hervorragende aktive Biegsamkeit des basalen Geißelabschnittes und die Wirkung des Wasserwiderstandes. Bei nor-

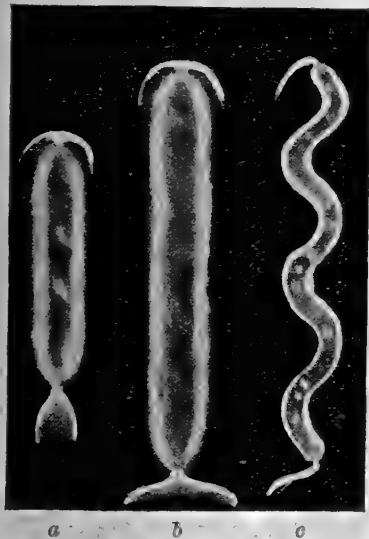


Fig. 4. *Spirillum volutans* bei Dunkelfeldbeleuchtung a und b während des Schwimmens, c ruhend.

malen schwimmenden *Spirillen* arbeiten beide Geißelbüschel in gleichem Sinn und, wie sich nachweisen läßt, auch mit gleicher Kräftenfaltung. Der jeweils vordere Schwingungsraum bildet eine nach hinten geöffnete breite Glocke, der hintere besitzt je nach dem physiologischen Zustand des Objektes breite oder schlanke Kelchform. (vgl. Fig. 4 a, b). Reize werden mit Bewegungsumkehr durch gleichzeitiges „Umklappen“ beider Schwingungsräume (Umschalten des Metachronismus der Einzelgeißeln) beantwortet. Der mechanische Effekt der Geißelbewegung ist bei *Spirillen* — abweichend von allen bisher besprochenen Fällen — vorwiegend in der Erzeugung der gegen die Geißeldrehung rückläufigen Körperdrehung zu sehen. Diese ist denn auch bei lebhaftem Schwimmen so rasch, daß die Konturen des Körpers ebenfalls in einem „Schwingungsraum“ verschwinden. (Genauere Messungen zeigten, daß der Körper etwa 13 Umdrehungen in der Sekunde ausführt.) Infolge seiner spiraligen Form schraubt sich dabei der Körper in das

Wasser hinein und es liegt auf der Hand, daß die Gestalt der Körperschraube für den Wirkungsgrad dieser indirekten Fortbewegung maßgebend ist. Sowohl rechnerisch wie praktisch stellte sich heraus, daß die Verhältnisse am günstigsten sind, wenn der Steigungswinkel des spiraligen Körpers etwa $45-54^\circ$ beträgt. Aber selbst dann entspricht die Bewegung keinem exakten „Einschrauben“ wie in eine feste Mutter, denn das leichtflüssige Wasser wird zum Teil beiseite gedrängt. Es ergibt sich ein gewisser Verlust (bei der Schiffschraube als Slip bezeichnet), der z. B. bei Spirillum volutans bei einem Steigungswinkel von 40° etwa 43 % beträgt (d. h. bei 100 Körperumdrehungen wird nur ein Weg von 57 Ganghöhen der Körperschraube zurückgelegt). Die schnelle Rotation hat weiter automatisch eine Stabilisierung der Schwimmbahn zur Folge, um so mehr, je länger die Spirillen sind: längere Spirillen können daher nur geradlinige Schwimmbahnen verfolgen und sind zu aktiver Änderung ihrer Schwimmrichtung nicht befähigt. Nur ganz kurze Individuen können Abweichungen zeigen, die aber nur auf Asymmetrien des kurzen, der „Führung“ ermangelnden Körpers beruhen, dessen Achse sich in solchen Fällen oft nicht genau in die Schwimmrichtung einstellt. — Im Verein mit der Zwangsläufigkeit der Geißelbewegung ergibt sich somit eine weitgehende Beschränkung der Bewegungsmöglichkeiten, deren Kenntnis uns bei der Beurteilung der Reizbewegungen zustatten kommt.

b) Die rudernden Cilien.

Ruderbewegungen lassen sich zwar gelegentlich auch bei sonst „rotierenden“ Geißeln von Flagellaten beobachten; regelmäßig finden sie sich aber nur dort, wo mehrere Cilien in mehr oder weniger engem Verbande arbeiten. Die Bewegung erfolgt hier pendelnd annähernd in einer Ebene, und wir können einen mechanisch wirksamen „Schlag“, der von einem — meist langsameren, lässigen — Rückschwung gefolgt wird, unterscheiden. Der mechanische Effekt des Rückschwunges muß gegen den des „Schlages“ klein sein, wenn eine einseitig gerichtete Ruderwirkung zustande kommen soll. Das kann auf verschiedenem Wege erreicht werden. Einmal dadurch, daß der „Schlag“ rascher erfolgt als der Rückschwung. Der Widerstand des Wassers gegen die Bewegung und damit auch die mechanische Wirkung des Schlages steigt bei sonst gleichen Verhältnissen erfahrungsgemäß etwa mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Ist beispielsweise der Schlag in $\frac{1}{3}$ der Zeit des Rückschwunges vollendet, so verhalten sich die in der Zeiteinheit wirkenden (entgegengesetzten) Kräfte wie 9:1; unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der Rückschwung die dreifache Zeit erfordert, finden wir, daß der Schlag dreimal so wirksam ist als der Rückschwung. Je größer der Geschwindigkeitsunterschied ist, desto günstiger gestaltet sich das Verhältnis. Die gleichen Überlegungen gelten

auch für das synchrone oder metachrone Zusammenarbeiten vieler Wimpern. In der Tat lassen sich solche Geschwindigkeitsunterschiede oft beobachten, sowohl bei dem Wimperkleid und den Peristomwimpern vieler Infusorien (Vor- zu Rückschwung meist etwa 1:2) als auch bei den Wimperepithelien der Metazoen (nach Kraft z. B. bei der Rachenschleimhaut des Frosches 1:5). — Aber selbst bei Gleichheit der Zeiten für Vorschwung und Rückschwung kann eine Ruderwirkung stattfinden, wenn dafür gesorgt ist, daß der Widerstand während des Rückschwunges geringer ist. Bei handförmigen Geißeln (also elliptischem Querschnitt) wird das der Fall sein, wenn der Schlag mit der Breitseite erfolgt, während beim Rückschwung die Schmalseite vorangeht. Mit Sicherheit ist ein solcher Bewegungsmodus noch nicht nachgewiesen. Dagegen findet sich oft eine Bewegungsform, die in Fig. 5 in verschiedenen Phasen dargestellt ist. Als Beispiel dient die Bewegung der Cilien der Spermatozoiden von Adiantum cuneatum. Während des Schlages (Phase 1—4) bleibt die Wimper ziemlich starr und bewegt sich hauptsächlich in der nächsten Nähe der Basis. Auch der Rückschwung macht sich hier zunächst bemerkbar (Phase 5—6); eine Kontraktionswelle läuft von der Basis distalwärts und zieht das offenbar passiv nach-

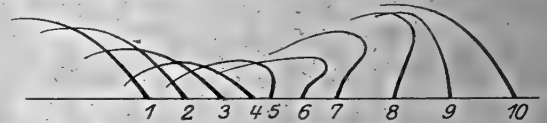


Fig. 5. Ruder Schlag einer Cilie der Spermatozoiden von *Adiantum cuneatum*.

schleppende Ende in die Ausgangsstellung (etwa Phase 9) zurück. Während also während des Vorschwunges die Cilien in ganzer Länge wirksam war, wird hier durch Veränderung des Angriffswinkels eine Widerstandsverminderung erzielt. Diese Art der Ruderbewegung findet sich oft auch bei Objekten mit deutlich kürzerem „Schlag“, scheint überhaupt am verbreitetsten zu sein.

Durch das Zusammenwirken vieler Wimpern werden auch die Bewegungsmöglichkeiten vervielfacht, immerhin sind durch die Koordination der Wimpern (die den Metachronismus beherrscht) gewisse Beschränkungen geschaffen. Es sind also nur eine begrenzte Anzahl von Bewegungen („Aktionen“) möglich; sie sollen mit Jennings (1914) in ihrer Gesamtheit als Aktions-system bezeichnet werden. Wir wollen nun kurz drei typische Fälle betrachten.

Am einfachsten liegen die Dinge wohl bei der von Verworn 1890 untersuchten kleinen Rippenqualle *Beroë ovata*. Hier finden sich — schon makroskopisch sichtbar — acht Längsreihen von Schwimmsplättchen, die vom Sinnespol her symmetrisch über den Körper hinwegziehen. (Diese Schwimmsplättchen bestehen zwar aus mehreren miteinander verklebten Wimpern, die

jedoch synchron schlagen, so daß die Bewegung des ganzen Gebildes der einer Einzelwimper gleichzusetzen ist.) Die Schwimmplättchen jeder Reihe schlagen metachron und in meridionaler Richtung. Bei gleichmäßiger Tätigkeit aller Schwimmplättchen muß der Organismus ohne Rotation in gerader Richtung (mit dem Sinnespol voran) fortbewegt werden; Hemmung irgendeiner Plättchenreihe hat eine Wendung der Körperachse nach der betroffenen Seite hin zur Folge. Am Sinnespol befindet sich ein Statolithenapparat, der durch Beeinflussung der Wimpertätigkeit auf diese Weise immer automatisch die normale Gleichgewichtslage (Körperachse senkrecht) wiederherstellt.

Unter den Infusorien ist *Paramecium caudatum* besonders oft und eingehend studiert worden. Die zahlreichen Wimpern stehen in steil spiralig verlaufenden Reihen und schlagen auch metachron, wenngleich nicht so ausgeprägt, wie etwa die Peristomwimpern. Ihre Tätigkeit wird nach Untersuchungen von Rees durch ein gemeinsames „neuromotor center“ geregelt, das sich in der Nähe des Zellmundes als Entoplasmaverdichtung nachweisen läßt und durch Fibrillensysteme mit den Cilienreihen in Verbindung steht. Der Schlag verläuft in der Regel in schräger Richtung zur Körperachse (etwa parallel den Wimperreihen). Die Bewegung erfolgt denn auch so, daß die Infusorien unter Rotation voranschwimmen; das Überwiegen der „bauchständigen“ (oralen) Wimpern und die geringen Asymmetrien des Körpers haben zur Folge, daß die Rotationsachse nicht mit der Körperachse zusammenfällt. Die Schwimmbahn ist deshalb eine mehr oder minder gestreckte Schraubenlinie. Die Faktoren des Aktionssystems sind nach Jennings demnach: Vorwärtsbewegung, Umdrehung um die Längsachse, Abweichung nach der aboralen Seite. Jeder dieser Faktoren kann durch äußere Reize oder innere Anlässe modifiziert werden, ungleiches Arbeiten verschiedener Körperbezirke kann auch Wendungen verursachen, und es ergibt sich so eine große Mannigfaltigkeit von Bewegungsmöglichkeiten. Äußere Reize lösen aber in der Regel einen bestimmten Erscheinungskomplex aus, den Jennings als motor-reflex bezeichnet. Wir wollen ihn erst bei Besprechung der Reizbewegungen genauer betrachten.

An dritter Stelle sei die Bewegung der *Farnspermatozoiden* besprochen. Der Körper dieser Schwärmer stellt ein flaches, zu einer kegelförmigen Spirale aufgerolltes Band dar (vgl. Fig. 6). Die zahlreichen langen Wimpern sind nur auf die vorderen engen Windungen beschränkt und entspringen einem gemeinsamen Blepharoplasten, der an der oberen Kante des Spermatozoidkörpers verläuft. Nebenbei sei bemerkt, daß die Cilien erst in geringem Abstand von der Spitze beginnen und sich bei *Adiantum cuneatum* auf etwa $1\frac{1}{2}$ Windungen verteilen. Das erweiterte Hinterende umschließt in der Regel ein wasserhelles Bläschen,

in dem sich Stärkekörner finden. Es wird beim Eintritt in das Archegonium abgestreift und dient offenbar zur Ernährung während der Schwärmerperiode. Die Bewegungen sind ziemlich rasch (in der Sekunde werden etwa 150—250 μ , also rund 10—15 Körperlängen zurückgelegt) und zeigen große Mannigfaltigkeit. Bereits Nägeli hat versucht, die Bewegung auf wenige Grundformen zurückzuführen. In typischen Fällen ist auch hier die Schwimmbahn eine Spirale, auch hier erfolgt bei der Bewegung eine Rotation des Körpers und eine seitliche Abweichung infolge geringer Asymmetrien. Nägeli vermutete damals, daß die Cilien die Rotation bewirken und daß der Körper sich vermöge seiner Spiralgestalt in das Wasser einbohre — etwa so, wie das oben für die Spirillen geschildert wurde. Neuere Erfahrungen (Metzner 1923) haben nun gezeigt, daß ein Einfluß der Körperform zwar vorhanden, aber in anderer Richtung zu suchen ist. Fig. 6 stellt ein Individuum von *Adiantum cuneatum* bei raschem Schwimmen dar, wie es bei Dunkelfeldbeleuchtung



Fig. 6. Spermatozoid von *Adiantum cuneatum* bei Dunkelfeldbeleuchtung.

erscheint. Wir sehen anscheinend zwei Gruppen von Wimpern: eine, deren basale Teile etwa horizontal abstehen, und eine zweite, die zurückgeschlagen fast dem Körper anliegt. Aber nur scheinbar, denn in Wahrheit haben wir nur die (wegen der Schnelligkeit der Bewegung gleichzeitig sichtbaren) Grenzlagen des Wimperschlages vor uns, der — auf die Abbildung bezogen — fast senkrecht von oben nach unten erfolgt (von NNW nach SSO). Der Haupteffekt ist demnach ein direkter Vortrieb, nur die geringere horizontale Komponente bewirkt die Körperdrehung. Durch Beobachtung der entstehenden Strömungen an Exemplaren, die (ohne geschädigt zu sein) an der Ortsbewegung verhindert waren, konnte das gleiche bestätigt werden. Die Drehung wird weiterhin unterstützt durch den Widerstand, den der Körper beim Voranschwimmen erfährt. (Ähnlich kommt ein dem Spermatozoid nachgebildetes Modell in Rotation, wenn es mit der Spitze voran durch das Wasser fällt oder an einem Faden gezogen wird.) Dementsprechend ist auch die Ro-

tationsgeschwindigkeit nur gering — es werden 1–5 Umdrehungen in der Sekunde ausgeführt. Die Bewegung der Cilien selbst wurde schon oben geschildert und verläuft streng metachron — die Impulse gehen vom Vorderende aus und wandern die ganze Cilienreihe entlang mit einer Geschwindigkeit von etwa 64–80 μ in der Sekunde. Es besteht Grund zu der Annahme, daß dies gleichzeitig die Geschwindigkeit der Reizleitung (im Blepharoplasten?) darstellt. Es leuchtet ein, daß Ungleichheiten des Cilien-schlages auf verschiedenen Flanken zu einer Wendung nach der Seite der schwächer arbeitenden Wimpern hin zur Folge haben müssen; durch den exakt arbeitenden Metachronismus werden unter normalen Bedingungen solche Ungleichheiten verhindert.

Schluß folgt)

Was vermögen die radioaktiven Methoden der Altersbestimmung von Mineralien heute zu leisten¹⁾?

Von Gerhard Kirsch, Wien.

I.

Altersbestimmungen an Pechblenden.

Die beiden Elemente mit der höchsten Kernladungszahl, Uran und Thor, erleiden bekanntlich einen langsamen, spontanen, stufenweisen Zerfall. Derselbe führt beim Uran über 14 Stufen, von denen acht mit der Aussendung eines α -Teilchens (eines He-Atoms) verbunden sind, zu einem bleiartigen Endprodukt, dem Bleisotop RaG mit dem Atomgewicht 206, beim Thorium über 10 Stufen, von denen sechs mit Abspaltung eines α -Teilchens oder He-Atoms verknüpft sind, zu dem Bleisotop ThD mit dem Atomgewicht 208.

Die Ansammlung der Zerfallsprodukte Blei und Helium in den Thor- und Uran enthaltenden Mineralien gibt uns ein Mittel an die Hand, das Alter des Minerals, d. h. die Zeit zu bestimmen, welche verstrichen ist, seit es in den festen Zustand gelangt ist. (Außerdem versuchte man noch Altersschätzungen von radioaktiven Mineralien nach der Intensität der Verfärbungen, die sie in ihrer Umgebung erzeugten, und die man mit künstlich erzeugten derartigen Verfärbungen ver-

¹⁾ Vortrag, gehalten am 4. Dezember 1922 in einer gemeinsamen Sitzung der Mineralogischen und Geologischen Gesellschaft in Wien.

Dieser Vortrag beabsichtigt nicht, einen vollständigen Überblick über die bisherigen Leistungen oder den gegenwärtigen Stand der Altersbestimmungsmethoden zu geben, wie etwa seinerzeit der vor fünf Jahren in dieser Zeitschrift erschienene Vortrag von R. W. Lawson, sondern will lediglich einiges Neues an Einzelergebnissen, Methoden und Gesichtspunkten, sowie Kritisches zum Bisherigen geben, z. T. auf Grund eigener Arbeiten des Verf. Betreffs der physikalischen Fragen des genetischen Zusammenhangs zwischen Thor und Uran und der Halbwertszeit des Thoriums siehe Wiener Sitzungsberichte vom 19. Oktober 1922, Mitt. Ra. Inst. Nr. 150.

gleich. Da diese Methode ihrem Wesen nach nicht sehr geeignet erscheint, exakte Resultate zu liefern, so soll heute von ihr nicht weiter die Rede sein.)

Die Ermittlung des Alters beispielsweise eines Uranminerals geschieht folgendermaßen: Man bestimmt den Gehalt der Probe an Uran und Blei. Das Blei kann natürlich zum Teile auch nicht radioaktiven Ursprungs sein. Da das gewöhnliche Blei das Atomgewicht 207.18 besitzt, während für RaG heute das Atomgewicht gewöhnlich zu 206.00 angenommen wird, kann man aus einer Atomgewichtsbestimmung des Pb der fraglichen Probe den Gehalt desselben an RaG berechnen. Zwecks Berechnung des Alters der Probe setzt man unter Verwendung des bekannten Zerfallsgesetzes für die radioaktiven Substanzen:

$$\frac{\text{RaG}}{\text{U}} \cdot \frac{1}{0.87} = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = e^{+\lambda t} - 1 \quad \dots (1)$$

Durch Multiplizieren mit dem Faktor $\frac{1}{0.87}$, dem reziproken Verhältnisse der Atomgewichte von RaG und U, erhält man aus dem Gewichtsverhältnis dieser Elemente das Verhältnis der Atomzahlen, das man der Altersberechnung zugrunde legen muß. Formel (1) läßt sich umformen in:

$$t = \frac{\ln \left(\frac{\text{RaG}}{\text{U}} \cdot \frac{1}{0.87} + 1 \right)}{\lambda} \quad \dots \dots (2)$$

λ bedeutet die Zerfallskonstante des Urans und t die Zeit, die der Zerfall währte, also das Alter des Minerals.

Unseres Wissens ist bisher nur eine einzige Altersbestimmung eines Uranminerals veröffentlicht worden, bei der von derselben Probe Analyse und Atomgewichtsbestimmung des Pb durchgeführt und der Altersberechnung zugrunde gelegt wurden, dieselbe findet sich in der Monographie von E. Gleditsch über den Brögerit. Gleditsch hat eine Probe Brögerit aus der Gegend von Moß (Südnorwegen), 100 g Kristalle, analysiert. T. W. Richards, der amerikanische Atomgewichtsforscher, hat die Atomgewichtsbestimmung des Pb durchgeführt. Bei der Berechnung des RaG-Gehaltes aus demselben hat Gleditsch auch den geringen Thorgehalt und das von diesem herrührende ThD berücksichtigt und erhielt für das Alter ihrer Probe den Wert:

ca. 950 Millionen Jahre.

Eine Neuberechnung mit den derzeit anerkannten Daten für die Zerfallskonstante des Urans und Thoriums ergibt den Wert

895 Millionen Jahre.

Zu den anderen Atomgewichtsbestimmungen von Richards und seinen Mitarbeitern sind leider dazugehörige Analysen der bezüglichen Erzproben nicht veröffentlicht, so daß dieselben zu Altersberechnungen nicht verwendet werden konnten.

Auch O. Hönigschmid und St. Horowitz geben

zu ihren Atomgewichtsbestimmungen an Pb aus Pechblende von St. Joachimstal, aus ostafrikanischer Pechblende, dem sogen. Morogoroerz, und aus Bröggerit von Moß leider keine Analysenziffern ihrer Proben, sondern zitieren nur die Analyseergebnisse anderer Autoren an Material aus den gleichen Gegenden und begnügen sich bezüglich ihrer Proben mit der Angabe des auf präparativem Wege extrahierten PbO-Gehaltes. Da das Institut für Radiumforschung in Wien von dem von O. Hönigschmid und St. Horowitz bearbeiteten Bröggerit und Morogoroerz noch einiges Material besaß, so verschaffte ich mir durch Analyse einer größeren Zahl von Einzelkristallen Kenntnis von der Zusammensetzung der Proben dieser Autoren und fand derartige Schwankungen in der Zusammensetzung von Stück zu Stück, daß es mir unstatthaft erscheint, einen Atomgewichtswert für Pb aus Pechblende ohne weiteres zwecks Altersbestimmung mit dem Analysenergebnis eines anderen Autors vom gleichen Fundort zu kombinieren.

Für die *Joachimstaler Pechblende* erhielt ich durch Kombination sämtlicher mir zugänglichen wissenschaftlichen Pechblendeanalysen von diesem Fundort mit Hönigschmids Atomgewichtswert ein Alter von

207 Millionen Jahren,

für das *Morogoroerz* durch Kombination des Mittels meiner Analysen an Hönigschmids Material mit seinem Atomgewichtswert das Alter von

605 Millionen Jahren.

Auf die Ergebnisse am Bröggerit von Moß soll später noch eingegangen werden.

Wir wollen nun dazu übergehen, die absolute Genauigkeit der hier angewendeten Altersbestimmungsmethode, also z. B. obiger Ziffern, zu besprechen.

Von den in der Formel (2) vorkommenden Größen sind die Werte für den analytisch ermittelten Urangehalt und die Werte für die Atomgewichte von RaG und U genauer als auf ein Prozent bekannt. Die Zerfallskonstante des Urans, λ , ist berechnet aus der Zerfallskonstante des Ra, die ihrerseits wiederum aus der sekundlich emittierten Zahl α -Partikel ($3,72 \pm 0,02$) $\cdot 10^{10}$ und der Loschmidtschen Zahl ermittelt ist, und dem Verhältnis der Gleichgewichtsmengen Ra : U in den Pechblenden: $3,33 \cdot 10^{-7}$, die beide als auf ein Prozent genau angesehen werden dürfen. Sollte sich herausstellen, daß das Uran kein einheitliches Element ist und vielleicht seinem Atomgewicht entsprechend ca. 15 % Aktiniumuran vom Atomgewicht 239 enthält, so ändert dies in erster Ordnung an dem Resultat der Altersbestimmung nichts, da die Fehler durch Einsetzung einer falschen Ziffer für den Gehalt an Ra-Uran bei Berechnung des Verhältnisses RaG : U einerseits und der Zerfallskonstanten des U andererseits sich gegenseitig aufheben.

Nur über die Genauigkeit, mit der das letzte

noch nicht diskutierte Datum: der RaG-Gehalt, bestimmt werden kann, können die Meinungen noch auseinandergehen. Denn der Prozentsatz des gefundenen Bleis an RaG wird ja aus dem gefundenen Atomgewichte desselben berechnet unter Einsetzung der bekannten Atomgewichtswerte für Pb und RaG. Berechnet man den letzteren aus dem Atomgewicht des Ra (225,97) durch Abzug des Gewichtes von 5 α -Partikeln samt emittierter Energie, so erhält man den Wert 205,94 für das Atomgewicht von RaG und kann demselben die gleiche Genauigkeit zubilligen wie dem von O. Hönigschmid bestimmten Atomgewichte des Ra, d. i. ca. 0,01 Atomgewichtseinheit. Da die Differenz der Atomgewichte von RaG und Pb commune mehr als eine Atomgewichtseinheit beträgt und die Bestimmung des Atomgewichtes irgendeiner Bleiprobe aus Pechblende ebenfalls auf 0,01 genau durchzuführen ist, somit also einer so berechneten Ziffer für das Alter einer Pechblende resp. einer geologischen Formation eine Genauigkeit bis auf ein Prozent zuzusprechen.

Berücksichtigt man dagegen, daß das Atomgewicht der Aktinierreihe und ihres Endproduktes noch unbekannt ist, dann ist der oben gegebene Atomgewichtswert für Ra 205,94 als Minimalwert und der niedrigste an Pb aus Pechblende gefundene Wert 206,04 (Morogoroerz) als Maximalwert aufzufassen. Wir haben oben bei unseren Berechnungen das Atomgewicht des RaG zu 206,00 angenommen und beanspruchen dementsprechend für die Genauigkeit unserer oben gegebenen Altersziffern bis auf etwa 5 %.

Abgesehen von dieser ziffernmäßigen Genauigkeit ist natürlich die Gewißheit, ein brauchbares Resultat vor sich zu haben, noch abhängig von dem Grade von Gewißheit, mit dem man es mit einem sicher unverwitterten primären Mineral zu tun hat. Weder die Konstanz des RaG : U-Verhältnisses, geschweige denn die Konstanz des Pb : U-Verhältnisses von einigen Stücken desselben Fundortes, noch die Tatsache, daß das Atomgewicht des Pb auf reines RaG hinweist, vermag für sich allein eine Gewähr hierfür zu bieten. Um für letzteres ein Beispiel zu geben: die gegenwärtig in Katanga (Kongo) abgebauten, sicher sekundären meist phosphatischen Uranerze enthalten bis 30 % Pb, das nach O. Hönigschmids Atomgewichtsbefund nahezu reines RaG darstellt. Es ergibt sich hier die interessante Tatsache, daß bei der Bildung ausgedehnter sekundärer Lagerstätten von Uran infolge der geringeren Löslichkeit des Pb, wahrscheinlich in kohlensäurehaltigen Wässern, dieses verhältnismäßig stark angereichert wurde, ohne daß gewöhnliches Blei irgendwelche Gelegenheit fand, sich hierbei zu beteiligen. Dies erlaubt wohl in dem vorliegenden Fall für die primäre Pechblende des Fundortes, von der Oberbergrat C. Ulrich eine Analyse ausführte, anzunehmen, daß sie ebenfalls frei von gewöhnlichem Pb ist, und damit in diesem Falle

ohne Atomgewichtsbestimmung des Pb aus der Pechblende einen Schluß auf das Alter derselben aus dem Pb : U-Verhältnis zu machen. Dieses ergibt sich nach *Ulrichs* Analyse zu 0,076, was einem Alter von ca.

550 Millionen Jahren

entspricht. Da es sich, nach der Zusammensetzung der Pechblende und ihrem Aussehen, es handelt sich um ein derbes Stück, wahrscheinlich um eine wässerige Bildung analog, wie in Joachimstal, handelt, so bedeutet das angegebene Alter für die Entstehung der Intrusivformation, der die Pechblende entstammt, einen Minimalwert.

II.

Das Alter der Ceyloner Thorianite; die Zerfallskonstante des Thoriums.

Alles, was oben über Altersbestimmung bei Uranmineralien gesagt wurde, gilt mutatis mutandis natürlich auch für die Thormineralien. Zwei Dinge sind es aber, welche es bisher bei solchen tatsächlich nicht zu einer derartigen Anwendung kommen ließen.

Erstens ist die Halbwertszeit des Thoriums etwa 4mal so groß, wie die des Urans; infolgedessen können beispielsweise 4 % Th in einem Uranmineral vernachlässigt werden, ohne einen Fehler, der größer wäre als 1 %, zu verursachen, weil das Th zu dem bleiartigen Endprodukt nur einen Beitrag von ca. 1 % liefert; umgekehrt kann aber in einem Th-Mineral eine Beimischung von auch nur 1 % U nicht mehr vernachlässigt werden, weil dieses 1 % U bereits etwa 4 % zu den bleiartigen stabilen Zerfallsprodukten beiträgt. Uranarme und praktisch uranfreie Thormineralien sind aber verhältnismäßig noch seltener als thorarme und thorfreye Uranminerale. Die den kristallisierten Pechblenden entsprechenden Thorianite z. B., die überhaupt viel weniger verbreitet zu sein scheinen als jene, enthalten mindestens 9 % U.

Zweitens ist die Halbwertszeit des Thoriums bis jetzt nur relativ ungenau bekannt gewesen, schwankten doch die Angaben verschiedener Autoren zwischen 1,3 und $2,2 \cdot 10^{10}$ Jahren, so daß an eine genaue Altersbestimmung von Thormineralien, ähnlich wie bei den Uranmineralien, nicht zu denken war.

Die Atomgewichtsbestimmung von *O. Hönigsmid* an Blei aus Ceyloner Thorianitproben ermöglichte es uns infolge eines besonders glücklichen Zufalls hier sowohl über die Halbwertszeit des Thoriums, als auch weiterhin über das Alter dieser Minerale volle Klarheit zu schaffen; wir gehen daher sofort zur Besprechung der Verhältnisse bei diesen *gemischten Thorium-Uran-Mineralien* über.

In folgender Tabelle sind in den ersten 4 Zeilen die Resultate von Untersuchungen *O. Hönigsmids* an 3 Ceyloner Thorianiten wiedergegeben.

Wir machen zunächst bei jedem einzelnen Thorianit für sich die Annahme, er enthalte kein

Tabelle I.

Untersuchung von drei Ceylon-Thorianiten.

Thorianit	I	II	III
1. Th-Gehalt	68,9	62,7	57,0
2. U-Gehalt	11,8	20,2	26,8
3. Pb-Gehalt	2,3	3,1	3,5
4. At.-Gew. des Pb.	207,21	206,91	206,84
5. RaG/Pb-Verhältnis...	39,5 %	54,5 %	58,0 %
6. RaG/U-Verhältnis...	0,077	0,084	0,076
7. ThD/Th-Verhältnis...	0,020	0,0225	0,026
8. $RaG/U : ThD/Th$ = $\lambda_U : \lambda_{Th}$	3,7	3,6	2,8
9. RaG/U (Alter in 10^6 Jahren)	0,077 (550)	0,079 (560)	0,058 (420)
10. RaG/U (Alter in 10^6 Jahren)	0,06 (400)	0,084 (600)	0,061 (440)

gewöhnliches Blei; wir erhalten dann die Zeile 5 gegebenen Werte für den RaG-Gehalt aus der Atomgewichtsziffer, weiters die Zeile 6 gegebenen RaG/U-Verhältnisse, die für alle drei Thorianite auf die gleiche Größenordnung des Alters hinweisen würden, die etwa gleich der des Morogorerzes wäre. Die ThD/Th-Verhältnisse sind aber den RaG/U-Verhältnissen auch nicht annähernd proportional und darum ergibt sich auch die Größe $\lambda_U : \lambda_{Th}$ aus den 3 Thorianiten nicht als gleich²⁾. Daher kann die Annahme, sie seien frei von gewöhnlichem Blei, nicht zutreffen.

Wir fassen zunächst den Thorianit I ins Auge, dessen Bleigehalt beinahe das Atomgewicht von gewöhnlichem Blei aufweist. Hätten wir einen Thorianit vor uns, dessen Blei genau das Atomgewicht 207,18 hätte, so vermöchte uns derselbe über sein Alter aus den Ziffern seiner Zusammensetzung heraus gar nichts zu sagen, auch wenn wir das Verhältnis $\lambda_U : \lambda_{Th}$ ganz genau kennen würden; er würde uns nur mit unbedingter Gewißheit angeben, daß RaG und ThD in ihm auf jeden Fall in dem Verhältnis anwesend sind, daß das Gemisch beider das Atomgewicht 207,18 besitzt. Betrachten wir die Atomgewichte von RaG und ThD als gegeben, so ist damit ihr Mengenverhältnis gegeben. Nimmt man das bekannte Th/U-Verhältnis dazu, so erhält man auf diesem Wege eine unbedingt sichere Kenntnis von der Lebensdauer des Thoriums, die des Urans als bekannt vorausgesetzt.

Diese Methode zur Ermittlung der Lebensdauer des Thoriums hat also die Kenntnis des Mengenverhältnisses von RaG und ThD zur Voraussetzung. Diese Voraussetzung ist aber bei Thor-Uran-Mineralien nur dann erfüllt, wenn die Beimischung von gewöhnlichem Blei belanglos

²⁾ Bei Berechnung der Werte in Zeile 8 sind nicht mehr die Gewichte, sondern bereits die Atomzahlen zugrunde gelegt.

wird, da wir von dem Ausmaße dieser Beimischung keine Kenntnis erlangen können, solange das Verhältnis von RaG:ThD noch unbekannt ist, das ja eben erst bestimmt werden soll.

Die erwähnte Vorbedingung, daß ein Gehalt von gewöhnlichem Blei für die Kenntnis des Mengenverhältnisses RaG:ThD belanglos wird, ist nun beim Thorianit I sehr angenähert erfüllt. Würden wir z. B. annehmen, ein Viertel des Bleies sei Pb commune, so würde das Atomgewicht des übrigen Gemisches von RaG und ThD dadurch sich nur um 0,01 erhöhen, da ja das gefundene Atomgewicht 207,21 nur um 0,03 sich von dem des Pb commune entfernt. Eine noch größere Beimischung von Pb commune anzunehmen, ist nicht plausibel, wie wir sehen werden. Die beiden extremen Annahmen: Abwesenheit von gewöhnlichem Blei und Anwesenheit zu ca. 25 % sind, wie sich zeigen wird, etwa gleich wahrscheinlich. Auf Grund der beiden Annahmen berechnet sich unter Berücksichtigung der Atomgewichts-Differenzen von Th, U usw. das Verhältnis $\lambda_U:\lambda_{Th}$ zu resp. 3,70 und 3,62; im Mittel $3,66 \pm 0,04$, ($\pm 0,11$ unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen der Atomgewichtsbestimmung).

Hieraus ergibt sich für das Thorium:

$$T = (1,65 \pm 0,05) \cdot 10^{10} a = 5,22 \cdot 10^{17} \text{ sec}$$

$$\tau = 2,37 \cdot 10^{10} \text{ Jahre} = 7,53 \cdot 10^{17} \text{ sec}$$

$$\lambda = 4,20 \cdot 10^{-11} \text{ reziproke Jahre} = 1,32 \cdot 10^{-18} \text{ sec}^{-1}$$

Bei Einsetzung der Fehlergrenzen wurde die Genauigkeit der Atomgewichtsbestimmung auf 0,01 angenommen. Freilich hängt ja der hier gegebene Wert auch von den angenommenen Werten der Atomgewichte der Endprodukte der radioaktiven Reihen ab. Betrachtet man diese als unsicher, so geht die entsprechende Unsicherheit auch in obiges Resultat ein. Jedenfalls aber dürfte dasselbe der derzeit wahrscheinlichste Wert für die fraglichen Größen sein.

Vom Thorianit I können wir also über das Alter nichts Bestimmtes aussagen. Der Thorianit II dagegen hat ein Atomgewicht des RaG-ThD-Gemisches, das gegen Beimischung von gewöhnlichem Blei schon ziemlich empfindlich ist. Nehmen wir das $\lambda_U:\lambda_{Th}$ -Verhältnis, wie es sich aus dem Thorianit I unter Annahme der Abwesenheit von gewöhnlichem Blei ergibt, und berechnen damit den RaG-Gehalt des Thorianit II, so erhalten wir ein Alter von ca. 560 Millionen Jahre für diesen Thorianit, also ungefähr dasselbe Alter wie für den Thorianit I. Der Thorianit III auf dieselbe Art berechnet, weist eine bedeutende Bei-

Die Annahme, daß der Thorianit I ca. ein Viertel gewöhnliches Blei enthält, also bedeutend jünger und etwa gleichalterig mit dem Thorianit III sei, und somit auch die Annahme eines etwas kleineren $\lambda_U:\lambda_{Th}$ -Verhältnisses, ändern für die Thorianite II und III die Werte der RaG/U-Verhältnisse und der Alter nur geringfügig. Die Resultate enthält Zeile 10 der Tabelle.

Kurz zusammengefaßt läßt sich also aus den Analysenziffern und Atomgewichtswerten der drei Thorianite berechnen: Aus dem Thorianit I — kein Alter, aber ein je nach der willkürlichen Annahme über das Alter innerhalb relativ enger Grenzen sich bewegender Wert für das $\lambda_U:\lambda_{Th}$ -Verhältnis; aus dem Thorianit II — ein entsprechend den Grenzwerten des $\lambda_U:\lambda_{Th}$ -Verhältnisses innerhalb enger Grenzen schwankendes Alter von 560 bis 600 Millionen Jahre. Aus dem Thorianit III — ein ebenfalls innerhalb enger Grenzen schwankendes, bedeutend geringeres Alter von 420 bis 440 Millionen Jahre. — O. Hönigsmids Analysen haben also das zweifellose Vorhandensein zweier Thorianitvorkommen in den Ceyloner Pegmatitgängen aufgezeigt, die sich um ca. 150 Millionen Jahre im Alter unterscheiden.

Wir wollen nun noch die in C. Dölbers Handbuch der Mineralchemie zusammengestellten Thorianitanalysen einer kurzen Betrachtung unterziehen. Hierbei berechnen wir unter der Annahme, sämtliches Blei sei radioaktiven Ursprungs, das RaG/U-Verhältnis [= Pb/(U + 0,273 Th)] und erhalten so für dasselbe:

Tabelle II.

Analyse Nr.	RaG/U	Analyse Nr.	RaG/U
1.	0,0778	11.	0,0775
2.	0,0927	12.	0,0601
3.	0,0758	13.	0,1066
4.	0,0591	14.	0,0758
5.	0,0567	15.	0,0797
6.	0,0536	16.	0,0759
7.	0,0533	α	0,0836
9.	0,0733	β	0,0821
10.	0,0692	γ	0,0797

(Die Bezeichnung der Analysen ist dieselbe wie in Dölbers Handbuch, dem RaG/U-Verhältnisse 0,01 entsprechen ca. 65 Millionen Jahre.)

In Fig. 1 sind diese Werte graphisch dargestellt. Die beiden durch Klammern bezeichneten Intervalle bezeichnen die Bereiche in die Hönigsmids Thorianit II resp III hineinfallen müssen.

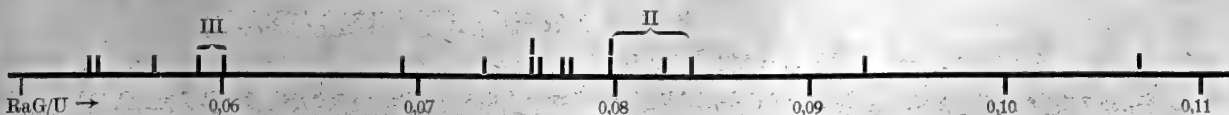


Fig. 1 zeigt, wie die Thorianite, nach dem RaG/U-Verhältnis geordnet, in zwei Gruppen zerfallen.

mischung von gewöhnlichem Blei auf und ergibt ein bedeutend geringeres Alter: ca. 420 Millionen Jahre. Die Resultate dieser Berechnungsweise sind in Zeile 9 der Tabelle enthalten.

Aus der Fig. 1 ist mit einiger Reserve der Schluß zu ziehen, daß es zwei getrennte Perioden waren, in denen Thorianitbildung erfolgte und aus denen Hönigsmids Thorianit II und III je einen Re-

präsentanten darstellen. Ferner möchten wir noch darauf hinweisen, daß die Analysen 6 bis 10 alle an einem Kristallklumpen von *Galle* ausgeführt sind; trotzdem weisen sie ein *sehr stark* schwankendes Pb/(U + 0,27 Th)-Verhältnis auf. Da es wohl als ausgeschlossen angesehen werden darf, daß die verschiedenen Teile des Kristallklumpens nicht gleichen Alters seien, so muß man wohl annehmen, daß der Gehalt an gewöhnlichem Blei, der also schon bei der Bildung des Minerals mit einging, sich von Stück zu Stück so stark ändern kann, auch wenn die Stücke gleichzeitig und in unmittelbarer Nachbarschaft voneinander gebildet wurden. Allerdings machen wir hierbei die Annahme, daß es sich um einen Klumpen miteinander verwachsener Kristalle und nicht etwa um einen durch Verkittung auf sekundärer Lagerstätte entstandenen „Kristallklumpen“ handelt.

Wir möchten hier noch ein Beispiel dafür geben, wie durch Zusammenfassung von Altersbestimmungen von Mineralien Ergebnisse gezeitigt werden können, die für die Geologie von bedeutendem Interesse werden können. Wir haben nunmehr aus dem Gebiete der ehemaligen afrikanisch-indisch-australischen Tafel das Alter einiger Granitintrusionen kennen gelernt, u. zw. das Alter der Gänge von Morogoro in Ostafrika zu ca. 600 Millionen Jahren, das Alter der Intrusion von Katanga zu mindestens 550 Millionen Jahren, von Ceylon wahrscheinlich zwei verschiedenen Perioden angehørende Pegmatitgänge mit den beiläufigen Altern 430 und 580 Millionen Jahre. Schließlich liegt noch eine Analyse einer australischen Pechblende vor mit dem Pb/U-Verhältnis 0,085. Wenn dieselbe keine wesentliche Menge gewöhnliches Blei enthält, so würde sie ebenfalls ein Alter von 600 Millionen Jahren haben. Abgesehen also von der einen jüngeren Intrusionsperiode von Ceylon, fallen die übrigen 4, die wir aus dem ehemaligen Kontinent Gondwanaland kennen gelernt haben, alle zeitlich nahe zusammen in die Zeit von 550 bis 600 Millionen Jahre vor der Gegenwart, also wahrscheinlich in eine geologische Epoche. Es liegt nahe, zu fragen, mit welchem geologischen Ereignisse größten Stiles das dieser Kontinent erlebte, die Bildung der erwähnten Granitintrusionen verknüpft war, — eine Frage, die zu beantworten wir dem Geologen von Fach überlassen müssen. —

Auf das, was durch Analyse von Thoriten zutage gefördert werden kann, wollen wir heute nicht näher eingehen und nur erwähnen: Thorit (und Orangit) ist ebenso wie die übrigen Minerale der Zirkongruppe — Calciothorit, Eukrasit, Freyalith — mit Ausnahme des Zirkons selbst, ein Mineral, das entweder bedeutend jünger als das Ganggestein ist, oder doch fast nie seinen ursprünglichen Substanzbestand erhalten hat. Unter vier Thoriten und zwei Orangiten vom Langesundfjord, die R. W. Lawson untersuchte, war nur ein einziger Thorit, dessen Pb/(U + 0,27 Th)-

Verhältnis einigermaßen dem Durchschnitt der übrigen, primären Mineralien vom gleichen Fundort gleichkommt, während die anderen auf ein fast um eine Größenordnung geringeres Alter hinweisen. Nur aus einer größeren Zahl von Analysen ließe sich daher aus Thoriten mit einiger Wahrscheinlichkeit ein Minimalwert des Alters der Formation ableiten.

III.

Der genetische Zusammenhang zwischen Uran und Thor; ein neues Kriterium für Altersbestimmungen.

Wir gehen nun zu etwas anderem über und werfen die Frage auf, ob nicht das Th eine Muttersubstanz in der U-Plejade besitzt, aus der es durch α -Strahlung entsteht. Nach seinem Atomgewicht würde ein solches Thoriumuran (ThU) zwischen UI und U II stehen und sollte eine Halbwertszeit von etwa 10^8 Jahren haben.

Es wird angenommen, daß das Uran *ebenso wie alle anderen Elemente*, deren Werden nicht noch wie bei den radioaktiven Elementen im Fluß ist, auf der ganzen Erde das gleiche Atomgewicht hat, d. h. überall den gleichen Prozentsatz aller Uranisotopen enthält. Haben diese Isotopen verschiedene Lebensdauer, so ändert sich die Zusammensetzung des Urans *bloß mit der Zeit*. Sein Gehalt an ThU muß sich im Laufe der geologischen Entwicklung nach dem bekannten Zerfallsgesetz geändert haben. Diejenigen Uranerze nun, von denen man infolge ihrer Reinheit annehmen kann, daß sie bei ihrer Entstehung primär kein Thor aufnahmen, müssen heute so viel Thor enthalten, als das Uran bei der Entstehung des Erzes ThU enthielt. Ihr Thorgehalt, genauer ihr Th/U-Verhältnis, muß also mit ihrem Alter gesetzmäßig zusammenhängen.

Als wir uns angesichts dieser Überlegungen das erstemal nach geeigneten Uranmineralien umsahen, an denen dieselben auf ihre Stichehaltigkeit geprüft werden konnten, sprangen sofort die Verhältnisse bei den drei von O. Hönigsmid und St. Horowitz im Jahre 1914 bearbeiteten Erzen in die Augen.

	Es beträgt beim		
	St. Joachims- taler Erz	Morogoro- erz	Bröggerit
nach den genannten Autoren der Ge- halt an PbO ... (RaGO 1,6%)	2,6%	6%	8,5%
nach St. Meyer der Gehalt an Th ca.	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$

Rechnet man entsprechend den mittleren U-Gehalten die RaG/U-Verhältnisse aus und bedenkt, daß einer Änderung dieses Verhältnisses um 0,01 rund $7 \cdot 10^7$ Jahre Altersunterschied entsprechen, so sieht man sofort, daß bei diesen drei Erzen sich auf Grund der Annahme, der Thor-

gehalt sei radioaktiven Ursprungs, tatsächlich die erwartete Größenordnung der Halbierungszeit des ThU ergibt.

Wir stellen nun zunächst alle uns bekanntgewordenen Analysen des Bröggerits von Moß und Raade in Norwegen zusammen (Tab. III).

Tabelle III.
Analyseergebnisse fremder Autoren an Bröggerit von Moß. (Es sind nur die Daten für die Bestandteile U, Th und Pb angegeben, die allein hier von Interesse sind)

Fundort	Autor	% U	% Th	% Pb	Th U	Pb U
1. Anneröd	C. Blomstrand	15,0	2,08	2,2	0,139	0,146
2. Skraatorp	W. F. Hillebrand	65,2	7,9	8,8	0,121	0,135
3. Elvestad	"	65,8	7,46	9,3	0,113	0,141
4. Raade	E. Gleditsch	61,67	6,30	8,64	0,102	0,140
5. " "	"	63,4	6,35	8,88	0,100	0,140
6. " "	"	66,1	6,40	9,25	0,097	0,140
7. " "	"	64,4	5,86	8,93	0,091	0,139
8. Elvestad	W. F. Hillebrand	57,0	5,10	8,0	0,089	0,140
9. Hyggenäskilen	"	67,8	5,80	8,8	0,086	0,130
10. Anneröd	"	66,0	5,28	8,4	0,080	0,127
11. " "	C. Blomstrand	68,4	4,95	7,7	0,072	0,113
12. " "	"	69,5	4,95	7,8	0,071	0,112
13. Moß	K. A. Hoffmann	67,1	4,63	8,49	0,069	0,126
14. " "	u. W. Heidepriem	67,4	4,10	8,63	0,061	0,128

Eine möglichst genaue Berechnung dieser Halbierungszeit aus den Daten betreffs des St. Joachimstaler Erzes, soweit sie die Literatur bietet, zusammengenommen mit den Daten über das Morogoroerz, samt unseren eigenen Analysen über dieses letztere (ausgeführt an demselben Material, das auch O. Hönigschmid verwendete) liefert:

das Alter des Morogoroerzes $605 \cdot 10^6$ Jahre
das Alter der St. Joachimstaler Pechblende $207 \cdot 10^6$ "
die Differenz.. $398 \cdot 10^6$ Jahre
Das Verhältnis ThU U zur Zeit der Bildung des
Morogoroerzes $4,05 \cdot 10^{-3}$
Das Verhältnis ThU/U zur Zeit der St. Joachimstaler Pechblende $5,15 \cdot 10^{-5}$
den Quotienten.. 78,0
78 ist gleich $2^{6,29}$ 398 Millionen Jahre sind also 6,29 ThU-Halbierungszeiten. Hieraus ergibt sich für das ThU:

$T = 63,2 \cdot 10^6$ Jahre.

Die Daten über das Morogoroerz zusammengenommen mit denen der Bröggeritproben von E. Gleditsch und T. W. Richards ergibt:

Das Alter des Bröggerits $895 \cdot 10^6$ Jahre
" " " Morogoroerzes $605 \cdot 10^6$ "
Differenz.. $290 \cdot 10^6$ Jahre
Das Verhältnis ThU/U zur Zeit der Bildung des Bröggerits 0,102
das Verhältnis ThU/U zur Zeit der Bildung des Morogoroerzes 0,00405
den Quotienten.. 25
25 ist gleich $2^{4,64}$ 290 Millionen Jahre sind also gleich 4,64 ThU-Halbierungszeiten. Hieraus ergibt sich für das ThU ebenfalls:
 $T = 62,6 \cdot 10^6$ Jahre.

Weggelassen ist nur die älteste Analyse von Lorenzen, der einen ungewöhnlich hohen U-Gehalt und kein Thor fand, ein Ergebnis, das nicht bestätigt werden konnte.

Schon aus dieser Tabelle ist ein auffälliger Gang des Pb/U-Verhältnisses mit dem Th/U-Verhältnis erkennbar. In der Fig. 2 sind diese Ana-

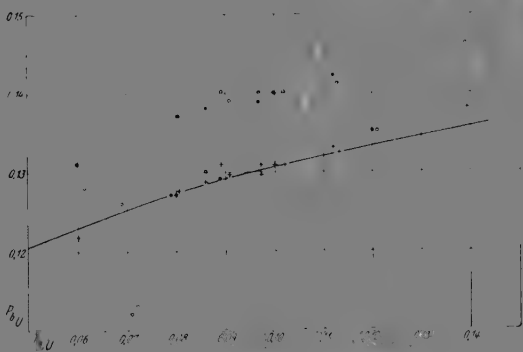


Fig. 2 zeigt die Abhängigkeit des Thorgehaltes (genauer des Th/U Verhältnisses) vom Pb/U-Verhältnis (also vom Alter) bei den Bröggeriten von Moß.

lysenresultate durch Ringe zur Darstellung gebracht. Bei Nr. 4 bis 7 handelt es sich um die Zusammensetzung größerer Mengen des Minerals, ohne daß spezielle Lokalitäten als Fundorte angegeben werden (also möglicherweise um Durchschnittsproben, die nicht von einer einzigen Lokalität stammen), bei den übrigen aber nur um Einzelkristalle.

Teils um das Vorhandensein einer Abhängigkeit zwischen Pb/U- und Th/U-Verhältnis sicherzustellen, teils um eventuell auch Hönigschmid und Horowitz' Atomgewichtsziffern für Bei der Bröggerit (206,06) in der Frage des ThU ver-

wenden zu können, haben wir auch vom Brögeritmaterial dieser Autoren einige Einzelkristalle analysiert (Tab. IV).

die Herkunft des Thoriums zu treffen, da das Thorium radioaktiven Ursprungs nur aus dem ersten Isotop bestehen sollte.

Tabelle IV.

Analysen des Verf. am Brögerit von Moss. (Auch hier sind nur die Daten für U, Th und Pb angegeben, die allein hier von Interesse sind.)

$\% \text{ U}$	67,26	68,93	67,05	67,37	66,10	65,31	65,87	64,88
$\% \text{ Pb}$	9,28	9,03	9,31	9,22	8,39	9,25	8,91	8,38
$\% \text{ Th}$	5,80	4,13	6,51	5,47	5,22	7,36	7,90	5,79
Pb/U	0,138	0,131	0,139	0,137	0,127	0,142	0,135	0,129
Th/U	0,036	0,060	0,098	0,081	0,079	0,112	0,120	0,089

Diese Ergebnisse sind in der Figur durch Vollkreise dargestellt. Die ausgezogene Linie gibt die von uns geforderte theoretische Abhängigkeit zwischen Pb/U- und Th/U-Verhältnis. Die vorliegenden Tatsachen widersprechen der Annahme eines solchen Zusammenhanges nicht, sondern stützen dieselbe aufs beste, wenn man einmal von den beiden Analysen von *Blomstrand* absieht und zweitens beachtet, worauf auch schon *E. Gleditsch* hingewiesen hat, daß die Gesamtheit ihrer und *Hillebrands* Analysen die Annahme nahelegt, daß die untersuchten Brögeritproben aus der Gegend von Moß in zwei Gruppen zerfallen, von denen die eine bei ihrer Entstehung absolut bleifrei war, die andere aber eine bestimmte für alle Proben gleiche Menge gewöhnliches Blei enthielt. In der Tat, setzt man die Analysenpunkte von *Hillebrand* und *Gleditsch*, die das annähernd gleiche Pb/U-Verhältnis aufweisen, wie der, dessen Blei von *Richards* und *Wadsworth* auf Gehalt an RaG geprüft wurde (Analyse 4 der Tabelle), um den gleichen Betrag (6,0 %) herab (in der Figur durch + bezeichnet), wie es für diesen letzteren nach dem Atomgewichtsbezug gefordert werden muß, so fallen sie mit den übrigen so genau in eine Linie, wie dies mit Rücksicht auf die Genauigkeit der Analysenmethoden nur gefordert werden kann. Und die Lage sowohl als auch die Neigung dieser Kurve ist mit der Annahme eines teilweisen Zerfalles des U zu Th mit der oben errechneten Periode in bester quantitativer Übereinstimmung.

Infolge dieser Verhältnisse können wir daher der sog. Pb-Methode der Altersbestimmung die Thoriummethode, wie wir sie nennen wollen, an die Seite stellen, deren Anwendbarkeit allerdings eine beschränktere ist, weil nicht jede Pechblende so rein ist, daß sie primär kein Thor enthielt, und wir noch kein Mittel — wie beim Pb die Atomgewichtsbestimmung — kennen, durch das man primär vorhandenes von sekundär entstandenem Th unterscheiden könnte. Das Atomgewicht des gewöhnlichen Th, 232,12, läßt es allerdings als möglich erscheinen, daß das gewöhnliche Th ein Isotopengemisch ist, aus dem Isotop mit dem Atomgewicht 232,0 und einem mit höherem Atomgewicht, und damit wäre es allerdings möglich, auch hier wie beim Blei eine Entscheidung über

Da die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um Thorium radioaktiven Ursprungs handelt, einstweilen nur nach einer Altersbestimmung des fraglichen Vorkommens nach der Bleimethode erschlossen werden kann, so ist klar, daß die Thoriummethode, gewöhnlich nicht zur Bestimmung des absoluten Alters einer Formation verwendungsfähig ist. Wie das Beispiel der Brögerite von Moß zeigt, ist aber bei primär thorfreien Pechblenden die Thoriummethode zur relativen Altersbestimmung verschiedener Lokalitäten (Gänge) desselben Vorkommens an Genauigkeit bedeutend — um ca. eine Zehnerpotenz — überlegen, weil die Änderung des Thorgehalts mit dem Alter eine viel raschere ist als die Änderung des Pb-Gehaltes.

Auf Grund der bisherigen Ergebnisse an den Brögeriten von Moß ergibt sich wohl unumgänglich die interessante Folgerung, daß die große Intrusion des sog. *Frederickshaldgranites* wenigstens 60 Millionen Jahre lang Pegmatitgänge gebildet hat.

Sieht man von der Anwendung der Thoriummethode ab, so bleibt doch der Schluß unabwiesbar, daß die Gänge, die die Brögerite für die Analysen 9, 10 und 13 lieferten, um viele Millionen Jahre jünger sein müssen, als etwa die Probe 4 (*E. Gleditsch*), weil 9, 10 und 13 schon ein kleineres Pb/U-Verhältnis haben, als das für 4 berechnete RaG/U-Verhältnis beträgt.

Gegen unsere Behauptung eines genetischen Zusammenhanges zwischen Thor und Uran gibt es nun noch ein Gegenargument, das wir ausdrücklich entkräften wollen. Die sogen. Cleveite von Garta und Arendal, von allen Autoren übereinstimmend stets als verwitterte Brögerite hingestellt, haben ein 10–20 % größeres Pb/U-Verhältnis als die Brögerite von Moß und dieses wurde bisher stets als ein Zeichen höheren Alters dieses Vorkommens gedeutet. Auch eine Atomgewichtsbestimmung an Pb aus Cleveit von *T. W. Richards* (206,08) liegt vor und weist auf ziemlich reines RaG hin. Der Thorgehalt der bisher untersuchten Cleveite — es liegen unseres Wissens im ganzen nur 3 oder 4 Analysen vor — ist dabei nicht größer, eher bleibt er im Durchschnitt etwas hinter den Brögeriten zurück. Müßte man

die Cleveite tatsächlich als älter als die Formation von Moß ansehen, so wäre diesem Tatbestand gegenüber unsere Behauptung von der Abstammung des Thors von Uran natürlich unhaltbar. Nach unserer Ansicht ist es nun ein Zufall, daß von Arendal gerade lauter verwitterte Stücke analysiert wurden. Unter den von mir selbst und Ing. W. Riß³⁾ untersuchten zahlreichen Einzelstücken vom Material O. Hönigsmids, die im allgemeinen sehr gut in die beiden Reihen (Fig. 2) passen, fiel etwa jedes zehnte gänzlich heraus; zum Teile hatten diese sichtlich verwitterten Stücke etwa das Pb/U-Verhältnis der sog. Arendal-Cleveite; sowohl unter diesen, wie auch unter den unverwitterten Stücken gab es welche mit jedem beliebigen Gehalt an seltenen Erden von 0,1 bis 10 %, so daß wir eine Aufstellung des Cleveites als eigene Species nicht für berechtigt halten. Daß unter den wenigen ersten Stücken, die analysiert wurden, gerade aus dem Fredericks-haldgranit unverwitterte mit geringem Gehalt an seltenen Erden und aus dem Telemarksgranit verwitterte mit hohem Gehalt an seltenen Erden waren, möchten wir für Zufall erklären. Nähere Untersuchungen über diese Verhältnisse sind in Gang. Wir möchten demnach die großen südnorwegischen Granitintrusionen des Fredericks-hald- und des Telemarkgranites als ungefähr gleichalterig ansehen. In die gleiche Zeit möchten wir auch alle präkambrischen Thoruranin führenden, sauren Granitintrusionen des kaledonischen Zuges überhaupt verweisen, soweit sie bis heute untersucht sind. Wir denken hierbei an die beiden Vorkommen von Villeneuve in Canada und Llano Co. in Texas, deren Zusammensetzung bis in alle Einzelheiten den an seltenen Erden reichsten, verwitterten, norwegischen Thoruraninen entspricht. Wir haben hier ein zweites Beispiel, in dem sich räumlich weit auseinanderliegende Formationen nach der radioaktiven Altersbestimmungsmethode zusammenfassen lassen. Diese Pegmatitgangbildungen, die über Kontinente ausgedehnt und viele Jahrtausende hindurch stattfanden, mit bestimmten großzügigen geologischen Ereignissen in Verbindung zu bringen, sowie etwa Schlüsse auf einen stetigen und sehr langsamen Verlauf im großen zu ziehen, müssen wir wiederum dem Geologen von Fach überlassen.

Anhangsweise wollen wir noch ein paar Worte der Heliummethode widmen. Bei dieser Methode wurde oft die Faustregel in Anwendung gebracht, daß das Mineral etwa noch $\frac{1}{2}$ seiner Sollmenge an Helium enthält, daher sein wahres Alter gegenüber dem nach dieser Methode errechneten etwa dreimal so groß sei. Diese Faustregel stimmt nun oft gar nicht, es ist aber sehr lehrreich, die Abweichungen von ihr näher ins Auge zu fassen: der Bröggerit von Moß beispielsweise enthält ca. 10–15 % der Sollmenge an Helium, während die

Ceyloner Thorianite bis über die Hälfte und manche Mineralien, wie der von J. Strath untersuchte Sphen von Renfrew, Ontario, wahrscheinlich sogar noch mehr enthalten. Wenn wir uns nun nach der Ursache einer so großen Verschiedenheit der Abweichung des Verhältnisses $\text{He} : (\text{U}, \text{Th})$ von dem zu erwartenden umsehen, so zeigt sich, daß es vielleicht die Häufigkeit des Auftretens eines α -Strahles ist, mit der der Heliumverlust eines Minerals parallel geht. Thorianit ist einerseits jünger als der Bröggerit und dies wäre einmal ein Umstand, der einer relativ vollständigeren Erhaltung des produzierten Heliums günstig wäre, zum anderen aber ist der Grad der Zerstörung seines Raumgitters geringer, weil ja das Thorium erstens nur $\frac{1}{3}$ mal langsamer zerfällt und zweitens der Zerfall bei diesem nur über 6 α -Strahler, statt über 8 wie beim Uran, führt. Vielleicht handelt es sich um einen vorübergehenden, vielleicht auch um einen dauernden, eine gewisse Beweglichkeit der Heliumatome bedingenden Zustand, der von den α -Partikeln beim Hindurchfahren erzeugt wird, der den Heliumatomen so eine Art Diffusionskonstante verschafft.

Hätte man es nun einmal mit einem Mineral zutun, bei dem U und Th zu den Nebenbestandteilen gehören, so daß der Grad ihrer Amorphisierung und damit ihr Heliumverlust bei einiger Größe der in Frage kommenden Kristalle vernachlässigt werden kann, so wären damit die Bedingungen gekennzeichnet, unter denen vielleicht auch die Heliummethode zu einem exakten Resultat würde führen können.

Die Beobachtungen Hevesys über die Diffusion in festen Salzen, scheinen allerdings dafür zu sprechen, daß Ionen in festen Raumgittern im allgemeinen eine derartige Beweglichkeit besitzen, daß eine Erhaltung des Substanzbestandes der Mineralien durch geologische Zeiträume hindurch unwahrscheinlich erscheint. Hevesys Beobachtungen beziehen sich aber auf ein- oder höchstens zweiwertige Ionen, so daß es sehr wohl möglich ist, daß die Diffusionskonstante oder, wie Hevesy sie nennt, die Platzwechselkonstante in Raumgittern, die sich wie beim Zirkon aus zwei- und vierwertigen Ionen aufbauen, um Größenordnungen geringer ist.

Wir halten es für wahrscheinlich, daß eine wesentliche Diffusion im festen Zustand bei all den Substanzen nicht vorliegt, die ihren Substanzbestand seit den ältesten Zeiten vollständig bewahrt haben, und daß alle diese Minerale auch als für Edelgase absolut undurchdringlich gelten können.

Daß es die Tätigkeit der α -Strahlen, der gewalttätigsten unter den radioaktiven Phänomenen, ist, die den Edelgasen in der festen Substanz eine gewisse Diffusionsfähigkeit verleiht, dafür scheint uns auch die noch nicht sicher erklärte übergroße Emanierungsfähigkeit von Aktinium- und Thorium- (Mesothor-, Radiothor-) Präparaten zu sprechen; Aktinium- und R_dTh-Präparate

³⁾ Anderwärts noch nicht veröffentlicht.

geben ihre Emanation nämlich relativ viel leichter ab als Ra-Präparate gleicher Konzentration, und wir möchten diese Tatsache mit der verschiedenen starken Heliumabgabe verschieden stark aktiver Mineralien eben auf die Aktivität der fraglichen Stoffe als gemeinsame Ursache zurückführen. Für eine eingehendere Verfolgung dieser Sache reicht die heute vorliegende Erfahrung aber wohl noch nicht aus.

Besprechungen.

Held, Hans, Über die Entwicklung des Achsenskeletts der Wirbeltiere. Abhdl. der mathem.-physikalischen Klasse der Sächs. Ak. d. Wiss. 38. Bd. Nr. V. Leipzig, B. G. Teubner, 1921. 28 S. und 8 Tafeln. 19 × 29 cm.

Der Inhalt der mit schönen wertvollen Abbildungen ausgestatteten Studie geht weit über das hinaus, was der bescheidene Titel erwarten läßt. *Held* hat besonders gut konservierte und mit modernen Färbungsmitteln behandelte Embryonen von Haien (*Acanthias*) mikroskopisch genau untersucht und dabei gefunden, daß die Scheiden der Chorda dorsalis nicht als Kutikula von innen nach außen abgeschieden werden, wie die fast allgemeine bisherige Meinung war, sondern daß sie von außen zu der eigentlichen Chorda hinzukommen. Sie sind nicht entodermalen Abkunft wie die Chorda selbst, sondern stammen vom umgebenden Mesoderm. Allerdings hält *Held* es für nicht unwahrscheinlich, daß das Chordaepithel Substanzen nach außen abgibt, welche sich mit dem von außen her hinzutretenden Fibrillen vereinigen. Er glaubt kollagene Substanzen ausschalten zu können, hält aber die Abscheidung einer elastoiden Substanz für möglich, die dann eine der elastischen Häute innerhalb der Chordascheiden bilden könnte. Die Beobachtungen an *Acanthias*, welche weitaus die klarsten Bilder geben, werden an Vertretern der anderen Wirbeltierklassen in den Hauptpunkten bestätigt (*Petromyzon*, *Triton*, *Anas*, *Sus*).

Bisher war die Abscheidung der Chordascheiden von innen nach außen stets als ein Hauptbeweismittel für die Annahme herangezogen worden, daß die Grundsubstanz (Zwischensubstanz) eines Gewebes nach Art einer Kutikula von besonderen Zellen (in diesem Fall einseitig vom Chordaepithel) ausgeschieden werde und dann von sich aus (ohne besondere Zelltätigkeit) in fibrilläre Strukturen zerfalle oder in solche sich weiterbilde. *Held* dagegen sieht beim Embryo, wie er schon in seinem Buch über die Nervenentwicklung beschrieben hat, zuerst einen feinen Filz von Zellausläufern zwischen den Ursegmenten und der Außenfläche der Chorda (*Limitans chordae propria*). Er nennt dieses rein protoplasmatische Netzwerk „epitheliales Bindegewebe (Szily'sches Fasernetz)“. Anfänglich sind alle Keimblätter durch feinste Zellbrücken miteinander in Verbindung. An der Chorda splittern sich die von den Ursegmentzellen ausgehenden Protoplasmaausläufer, ganz besonders stark auf und vereinigen sich zu einer anfangs locker gebauten, später immer mehr sich verdichtenden Haut, welche die *Limitans chordae propria* umgibt. Färberisch läßt sich nachweisen, daß die feinsten Zellausläufer der Ursegmentzellen zuerst aus dem protoplasmatischen Zustand in den kollagenen übergehen (Reaktion mit Pikrofuelsin nach *van Gieson*). Die Präparate zeigen in gewissen Frühstadien, daß die Zellausläufer in der

Fläche des Ursegmentes noch rein protoplasmatisch sind, während die peripheren Ausstrahlungen bereits in kollagene Fäserchen umgewandelt wurden. Die einzelnen Fäserchen sind nur anfänglich gegeneinander optisch isolierbar. Sehr bald sieht man nur noch eine homogene Scheide ähnlich einer Basalmembran, welche bekanntlich auch vom umgebenden Gewebe als Faserscheide auf das Epithel abgelagert und dann zu einer homogenen Membran umgewandelt wird; *Held* nennt sie bei der Chorda „fibrilläre kollagene Faserscheide“.

Held kommt noch von einer anderen Seite her zu der Überzeugung, daß die Chordascheide keine Kutikula sein könne. Für ihn ist die Rabl'sche Theorie der Polarität der Epithelzelle von prinzipieller Bedeutung für diese Frage. *Rabl* schreibt den zylindrischen Zellen die Fähigkeit zu, nach dem einen Pol eine Kutikula auszuschleiden, aber nicht nach dem anderen. Denkt man sich die Chordazellen so im Entoderm liegen, wie sie bei der entodermalen Abkunft der Chorda anfangs im Verband dieses Keimblattes gelegen haben müssen, so ist die Seite der Zellen, welche analog dem Darmepithel eine Kutikula nach dem Darmlumen zu bildet, niemals in der Chorda nach außen zu gewendet; im Gegenteil schaut nach außen der Zellpol, auf welchen innerhalb der Darmwand vom Bindegewebe aus die Basalmembran abgeschieden wird. Analog wird nach *Held* die fibrilläre kollagene Faserscheide von außen her der Chorda aufgelagert.

Außer dieser primären Scheide kommen dann noch eine *Elastica externa*, eine äußere zellige Chordascheide und eine innere zellige Chordascheide hinzu, über welche die Arbeit von *Held* wertvolle Angaben enthält, welche aber von weniger prinzipieller Bedeutung sind als die hier geschilderten Bilder und welche deshalb nur erwähnt werden sollen.

Was die Rabl'sche Theorie angeht, so ist sie vorläufig nach meiner Meinung eine zwar auf viele Objekte zutreffende, aber nicht als gesetzlich nachgewiesene Annahme. Ist es wirklich so, daß eine derartige zylindrische Zelle, wenn man sie künstlich umdrehen würde, nur nach dem ursprünglichen Pol eine Kutikula bilden kann, oder kann sie nicht doch polar umdifferenziert werden? Das wäre doch dem Experiment zugänglich und zuerst einmal festzustellen. Bis jetzt liegt für mich die Sache so, daß *C. Rabl* durch den Vergleich zahlreicher Vorkommnisse glaubte eine Regel aufstellen zu können. *Held* findet diese Regel an seinem Objekt bestätigt. Die Chordascheiden lassen sich also dem Rabl'schen Schema einordnen. Sie bestätigen, so wird man auf Grund der Held'schen Befunde und Annahmen schließen, die Rabl'sche Regel. Aber ich glaube nicht, daß man umgekehrt sagen kann: die Zelle ist polar gebaut, folglich kann die Chordascheide ihrer polaren Orientierung nach keine Kutikula sein, sie muß vielmehr einer Basalmembran entsprechen. (*Held* sagt, daß ein anderer Gedankengang „in der Hauptsache . . . einen prinzipiellen Irrtum“ enthalte. „Alle Kutikularbildungen sind immer nur Produkte einer freien Epithelfläche“. S. 17.)

Was nun die unmittelbaren Befunde *Helds* angeht, so bestehen auch hier nicht unwesentliche Bedenken. Ist wirklich die mikroskopische Beobachtung von histologischen Färbungen instande mit Sicherheit oder auch nur mit Wahrscheinlichkeit auszusagen, daß im einen Fall Protoplasmafäden sich von sich aus in kollagene Fäserchen umwandeln, daß im anderen Fall Substanzen auswandern und von anderwärts her gebildete Fasern durchtränken und umwandeln? *Held*

selbst bezeichnet am Schluß seiner Arbeit vieles von diesen Fragen als nicht spruchreif; man wird seiner in Aussicht gestellten umfassenderen Arbeit über die Entstehung der bindegewebigen Grundsubstanzen mit Spannung entgegensehen.

Denn die Untersuchung von Held über die Chordascheiden hat das Problem der Grundsubstanz neu aufgerollt. Ich verweise auf die Arbeiten von W. Biedermann, den seine sich auf alle Tierklassen stützenden Beobachtungen bei ausgelehntester Berücksichtigung der ungeheuren Literatur über den Gegenstand dazu brachten, ganz generell die Grundsubstanz für eine Kutikularbildung mit eigenen vitalen Fähigkeiten (wie Entstehung von Fasern u. dgl.) zu erklären. Die Chordascheiden spielen, seit v. Ebner immer eine ganz besondere Rolle im Rahmen dieser Anschauung, weil sie besonders deutlich zu zeigen schienen, daß sie als Kutikularbildung entstehen und sich wie solche verhalten können. Zweifellos hat die Arbeit von Held das Verdienst, darin zur Vorsicht aufgefordert zu haben. Held hält selbst für die Basalmembranen einen „Doppelprozeß“ für möglich, d. h. wie im Falle der Chordascheiden, eine Komponente, welche vom Bindegewebe aus auf das Epithel zu, und eine, die von dem Epithel aus auf das Bindegewebe zu wirksam ist. In den Triplantations- und Epplantationsmethoden haben wir die Mittel an der Hand, bestimmte Zellen mit anderen Medien als den von ihnen selbst gebildeten Grundsubstanzen zusammenzubringen oder in anderer Weise die beteiligten Komponenten zu vertauschen und auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Hier sind Vorgänge unmittelbar zu beobachten, während man beim histologischen Bild auf den Schluß vom Fixationspunkt auf den Lebensprozeß angewiesen ist. Held geht auf die Resultate der experimentellen Forschung nicht ein und erwähnt auch bei den Autoren, welche über die Grundsubstanzfrage gearbeitet haben, nur Histologen und Embryologen (S. 20); der Physiologe Biedermann ist nicht erwähnt. Und doch scheint mir das interessante Problem nur durch Zusammenfassung aller Möglichkeiten der modernen Untersuchungsmethoden lösbar zu sein und zwar dann mit großer Aussicht auf einen durchschlagenden Erfolg.

H. Braus, Würzburg.

Leche, Wilhelm. Der Mensch, sein Ursprung und seine Entwicklung in gemeinverständlicher Darstellung. Zweite, umgearbeitete deutsche Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1922. VII, 390 S., 367 Abbildungen und 1 Tafel. 17 × 25 cm.

Das vorliegende Buch gehört mit zum Besten, was wir auf diesem Gebiete besitzen. Die genüßreiche Lektüre führt den Leser vom Allgemeinen zum Besonderen. So behandelt das erste Kapitel die Deszendenzlehre im allgemeinen, Variation, Selektion und Artbildung und gibt einen Überblick über die Geschichte der Deszendenzlehre. Im zweiten Kapitel wird die Stellung des Menschen unter den Wirbeltieren erläutert. Dabei werden die Ausbildungsstufen der Wirbeltiere erklärt und bei den einzelnen Formen die für sie charakteristischen Organe und ihre Entstehung besprochen, insbesondere der Bau des Rumpfes und der Extremitäten, die Atemorgane und die Besonderheiten der Fortpflanzung, und alles das ist in reizvoll lehrhafter Weise dargestellt. Weiterhin sind die Zeugnisse der Paläontologie verwertet; ein historischer Überblick leitet dieses Kapitel ein, und die Schilderung der fossilen Selachier, Ganoiden, Knochentische, Lungenfische, Panzerurche, Reptilien, besonders Dinosaurier, Vögel, Flugsaurier und Säuger gibt dem Verfasser Gelegen-

heit, die vergleichend anatomischen Zusammenhänge darzulegen, wobei besonders die Umänderung der Extremitäten berücksichtigt ist, die am Beispiel des Pferdes näher erläutert wird. Ein weiterer Abschnitt schildert den Menschen im Lichte der vergleichenden Anatomie. Da wird der Gehirnschädel und der Gesichtsschädel, das Rumpf- und Extremitätenskelett sowie das Gehirn in ihren Zusammenhängen mit anderen Arten geschildert. Auch die Ergebnisse der Embryologie werden für die vorliegenden Fragen ausgewertet. Die Keimzelle und ihre Bedeutung für die Vererbung, und im Zusammenhang damit Protozoen und Metazoen sowie die Vorgänge der späteren Entwicklungsgeschichte werden behandelt. Ein besonderes Kapitel ist den rudimentären Organen und der regressiven Entwicklung gewidmet: die Zähne der Barchwale, die Argen des Maulwurfs, das Parodontale, die Elica semilunaris, die Gammelfalten und der Wurmfortsatz dienen als Beispiele, deren Bedeutung durch eine Parallel aus der Technik veranschaulicht wird. Das Gehirn, die psychischen Fähigkeiten und die Sprache finden eine ihrer Bedeutung entsprechende Würdigung. Das Kapitel über die Stellung des Menschen und seiner nächsten Verwandten stützt sich nicht nur auf eine eingehende Schilderung des Schädels und Gebisses, sondern auch der Proportionen des Rumpfes und der Gliedmaßen in Zusammenhang mit ihrer funktionellen Bedeutung. Auch die serologischen Verwandtschaftsreaktionen mit hämolytischem und präzipitierendem Antiserum haben hier Platz gefunden. Auf morphologischem wie serologischem Wege kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß Mensch und Menschenaffen einen gemeinsamen Ursprung haben. Nur mit einem kurzen Absatz der sonst so trefflichen Darstellung kann Referent sich nicht einverstanden erklären; wenn der Verfasser sagt, daß die Abstammung des Menschen „von Affen“ jeglicher wissenschaftlichen Stütze entbehre, so muß man ihn fragen, zu welcher Gruppe er dann den gemeinsamen Vorfahren der Menschenaffen und des Menschen rechnen möchte, wenn er vorher sogar die Halbaffen zu den „Affen“ gezählt hat? Solche Konzessionen an die Gegner der Deszendenzlehre sind immer vom Übel, denn sie werden von diesen erfahrungsgemäß nur benutzt, um sie aus dem Zusammenhang zu reißen und ihnen einen falschen Sinn anzuschreiben. In den beiden Kapiteln, die den fossilen Menschenfunden gewidmet sind, wäre eine klarere Ablehnung der Eolithen zu wünschen. Im übrigen sind die Funde der Primigenias- und der Sapiensgruppe kurz, aber mit gutem Urteil beschrieben. Nicht gerechtfertigt ist die Auffassung des Zahnes von Taubach als Schimpansen Zahn, ebenso die Annahme, daß der Piltownfund die Anwesenheit des Homo sapiens im Beginn der paläolithischen Periode beweise. Die Funde von Rhodesia und von Talgai (Queensland) sowie die Wadjakskelette sind leider noch nicht aufgenommen; eine spätere Auflage wird an ihnen nicht vorübergehen dürfen. In der Pithecanthropustrage bewährt sich das Verfassers klare Betrachtungsweise. Der Schluß bringt einen Ausblick auf das Wirken der Auslese auf den Menschen in Gegenwart und Zukunft und berührt kurz auch das Problem der Rassenhygiene.

Das mit gut gewählten Bildern reich ausgestattete Buch bietet dem Laien eine vorzügliche Einführung in die vorliegenden Fragen, aber auch dem Forscher vielerlei Anregung. Die ruhige Klarheit des Urteils erinnert an Darwin's Schriften, und das ist wohl das Beste, was man von einem naturwissenschaftlichen Buche sagen kann.
Th. Mollison, Breslau.

Zawadowsky, M., Das Geschlecht und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale. Moskau, Staatsverlag, 1921. 255 S., 94 Abb. und 20 Tafeln. 17 × 25 cm.

Es ist nicht leicht, über ein wissenschaftliches Werk, das beachtenswerte experimentelle Ergebnisse ohne ganz einwandfreie Belege und weitgehende theoretische Folgerungen ohne ausreichende Berücksichtigung der neueren Literatur bringt, ein abschließendes Urteil zu fassen, wenn der Verfasser am Schluß seines Buches angibt, daß die Untersuchungen bei äußerst schwierigen Verhältnissen in der Krim, von den Kulturzentren abgeschnitten und eine Zeitlang zwischen zwei feindlichen Fronten ausgeführt wurden, wobei ein Teil des Materials und der wissenschaftlichen Belege zugrunde ging. Diese Schlußbemerkung verleiht dem ganzen Werk einen eigenen subjektiven Anstrich und einen mehr historischen als rein biologischen Wert. Es liegt unlegbar eine gewisse Tragik darin, daß die Ergebnisse der im Jahre 1919 in Angriff genommenen Versuche bei ihrer Veröffentlichung 1922 teils überholt, teils schon widerlegt waren. Nicht die spät erfolgte Veröffentlichung ist allein schuld daran. Es hätte den rein sachlichen Wert der Ergebnisse sicherlich nicht herabgesetzt, wenn auch inzwischen andere Forscher ähnliche Befunde veröffentlicht hätten. Die ganze Geschlechtsbiologie hat aber seit 1919 eine so intensive Bearbeitung gefunden, die Probleme sind derart differenziert, vertieft oder umgestellt worden, daß ein Werk, das im Mangel an neuerer Literatur noch ganz im Geiste der Vorkriegszeiten entstanden ist, an manchen Stellen, besonders dort, wo der Verf. grundsätzlich Neues gefunden zu haben meint, fast als Anachronismus wirken muß.

Verf. steht ganz auf der Grundlage der Steinachschen Lehre von der Wirkung der Geschlechtshormone. Um die Wirkung des Maskulinisin und Feminisin bei der Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale zu verfolgen, führt er hauptsächlich an Hühnern, Enten und Fasanen, daneben aber auch an Säugetieren (Antilopen, Damhirschen, Rehen, Ochsen und Schafen) Kastrationsexperimente sowie Homoio- und Heterotransplantationen aus. Wie auch schon Tandler und Groß festgestellt haben, bleibt eine Gruppe von Merkmalen durch die Kastrierung unbeeinflusst, während eine andere Gruppe nach Kastrierung rückgebildet wird. Bei den Hühnern sind z. B. das Hahnengefieder und die Sporen „unabhängige“, der Kopfschmuck, die Stimme und die Instinkte dagegen von den Geschlechtshormonen abhängige Merkmale. Die durch Kastrierung verloren gegangenen Merkmale entstehen von neuem bei gelungenen Keimdrüsenimplantationen. Besonders beachtenswert sind die Einpflanzungen von Keimdrüsen des anderen Geschlechts. In vier Fällen ist es geglückt, kastrierten Hähnen Eierstöcke und kastrierten Hennen Hoden so einzupflanzen, daß die Gonaden funktionsfähig geblieben sind. In diesen Fällen ist auch eine Maskulinisierung bzw. Feminisierung der Kastraten eingetreten. Dieser Teil der Arbeit ist nicht nur der umfangreichste, sondern zweifellos der wissenschaftlich bedeutendste, wenn auch das Fehlen von einwandfreien Belegen oft recht fühlbar ist und die vielen leeren spekulativen Formeln eher störend als klärend wirken. Es geht vor allem aus diesen Versuchen klar hervor, daß bei den Vogelarten das weibliche Geschlecht in bezug auf die Geschlechtsfaktoren als heterozygot und das männliche als homozygot zu betrachten ist, wie dies auch aus den ähnlichen Versuchen von Goodale zu folgern war. Verf. führt natürlich auch diese Erscheinung auf die Geschlechtshormone zurück, indem er annimmt, daß das

bisexuelle Weibchen im linken Ovar Feminisin, im rechten aber Maskulinisin erzeugt. Da im normalen Tier das rechte Ovar meist mangelhaft ausgebildet ist, kann das Maskulinisin dem Feminisin gegenüber nicht zur Wirkung gelangen. Nach Entfernung des linken Ovars tritt aber seine Wirkung in Erscheinung, wobei in einem Falle auch die Zunahme des rechten Ovars beobachtet wurde. Wie weit diese Deutung, die zur Erklärung der Hahnenfedrigkeit der Hühner auch schon früher herangezogen wurde, stichhaltig ist, soll hier nicht näher besprochen werden. Es ist jedenfalls bedauerlich, daß Verf. es unterlassen hat, durch die Entfernung auch des rechten Ovars die klare Entscheidung darüber herbeizuführen, ob nicht eher der vom linken Ovar auf die genetisch gegebenen männlichen Faktoren ausgeübte hemmende Einfluß für diese Erscheinung verantwortlich sei. Wäre etwas Entscheidendes in dieser Hinsicht erreicht, so hätten die Versuche auch einen besonderen Wert dadurch gewonnen, daß sie zu der Intersexualitätslehre von Goldschmidt in eine nähere Beziehung getreten wären und vielleicht ein Beispiel dafür hätten bieten können, wie bei Tierarten mit ausgebildetem Endokrinsystem die genetisch bedingte Doppelgeschlechtigkeit durch hormonale Einflüsse geregelt wird. Statt dessen mißt Verf. eine besondere Bedeutung seinem Versuche, die Symbole des Maskulinisin und Feminisin in die Erbformeln an Stelle der Geschlechtsfaktoren einzusetzen, und meint damit einen konkreten Inhalt der abstrakten Symbolik der Vererbungswissenschaft zu verleihen. Wenn auch der Versuch, den er als Beispiel dafür angibt, an und für sich recht beachtenswert ist, ist ein derartiger Austausch der Symbole vollkommen unberechtigt, da, wie Verf. selbst ausführlich nachweist, die Geschlechtshormone nur einen Teil der Geschlechtsmerkmale beeinflussen, während die in den Erbformeln enthaltenen Symbole der Geschlechtsfaktoren diejenigen Faktoren bezeichnen, von denen alle Geschlechtscharaktere, sowohl die primären wie die sekundären, sowohl die „unabhängigen“ wie die von der Hormonwirkung abhängigen, beeinflusst werden. Die abstrakte Symbolik der Genetik erhält bei jedem Kreuzungsexperiment, das richtig angestellt, genügend weit verfolgt, eingehend analysiert und logisch in Formeln ausgedrückt ist, den einzig möglichen konkreten Inhalt. Der Realitätswert dieses Inhaltes hängt nur von den Tatsachen ab, die aus den Kreuzungsversuchen hervorgegangen sind. Es ist recht fraglich, ob die Genetik die Begriffe des Maskulinisin und Feminisin, die bekanntlich nur Bezeichnungen für hypothetische Stoffe und in ihrem Mechanismus noch vollkommen unklare physiologische Wirkungen sind, überhaupt verwenden könnte.

T. Péterfi, Berlin-Dahlem.

Eddington, A. S., The mathematical theory of relativity. Cambridge, University Press, 1923. Preis 20 sh.

Die Zahl der wissenschaftlichen Lehrbücher über die Relativitätstheorie ist gewiß nicht mehr gering, und doch ist das Erscheinen eines neuen immer ein gewisses Ereignis, weil jeder Autor den Gegenstand von einem etwas anderen Stand betrachtet. Die Umwandlung unseres physikalischen Denkens durch die Relativitätstheorie ist eben so tiefgreifend, und wir stehen noch so sehr am Anfang dieser Umwandlung, daß niemand sagen kann, wohin sie führen und welches die abschließende Form der neuen Lehre sein wird. So bietet auch das Werk Eddingtons ein hohes Interesse, um so mehr, als der Verfasser durch seine Untersuchungen über die Lichtablenkung an der Sonne mehr als irgend ein anderer bisher für die empirische Bestäti-

gung der Einsteinschen Lehre von der Schwerkraft getan hat, und auch aus seinen theoretischen Untersuchungen zur Astrophysik als ein ideenreicher Kopf ersten Ranges bekannt ist.

Und das Buch erfüllt die Erwartungen, die man ihm danach entgegenbringen muß. Es ist in allen Teilen außerordentlich frisch geschrieben und anregend, vielleicht gerade da, wo man seinen Ausführungen nicht zu folgen vermag. Es umfaßt die gesamte Relativitätstheorie, ist aber von vornherein auf die allgemeine zugeschnitten, so daß die beschränkte ein wenig zurücktritt. Eingeteilt ist es in sieben Kapitel mit den Überschriften: 1. Elementare Grundzüge; 2. Die Tensorrechnung; 3. Das Gesetz der Schwerkraft; 4. Relativistische Mechanik; 5. Die Krümmung von Raum und Zeit; 6. Elektrizität; 7. Weltgeometrie. — Im letzten behandelt der Verfasser die Weylsche Theorie und seine eigenen Ansätze zur Fortbildung der Relativitätstheorie, an welche Einstein in seinem neuesten Versuch, Schwere und Elektromagnetismus unter ein Prinzip zusammenzufassen (Berliner Sitzungsberichte 1923, S. 32) anknüpft.

Besonders interessant scheint uns z. B. der Aufbau des dritten Kapitels. Zunächst werden die Einsteinschen Feldgleichungen $R_{ik} = 0$ für den leeren Raum hingeschrieben, aus ihnen die Schwarzschildsche Lösung für das Feld des einzelnen kugelförmigen Körpers abgeleitet und ausführlich erörtert (Planetenbewegung, Lichtablenkung, Rotverschiebung). Dann wird über die de Sittersche Theorie der Mondbewegung berichtet und das kosmologische Glied $-\lambda g_{ik}$ in die Feldgleichungen eingeführt. Und nun kommt die Hauptsache: der Übergang zu materieerfüllten Räumen. Es ist ja bekannt, daß man in der klassischen Po-

tentialtheorie von der Grundlösung $\varphi = \frac{1}{r}$ der Differentialgleichung $\Delta \varphi = 0$ zu der Gleichung $\Delta \varphi = -4\pi \rho$ für das Innere der Materie gelangen kann. Trotz der Erschwerung durch die Nichtlinearität der Einsteinschen Feldgleichungen wird auch hier dieser Übergang durchgeführt. Als Grundlösung wird dabei Schwarzschilds Lösung betrachtet. Und wenngleich Eddington selbst gegen die Strenge der erforderlichen Grenzübergänge Bedenken äußert, ist es doch interessant und bildet eine Stütze für die Gleichungen

$$R_{ik} - \frac{1}{2} R g_{ik} = \kappa T_{ik}$$

daß er dabei in der Tat zu diesen Gleichungen gelangt. Eine solche Stütze aber erscheint uns deshalb wertvoll, weil bisher die empirischen Prüfungen der allgemeinen Relativitätstheorie immer nur die Feldgleichungen für den leeren Raum bestätigen.

Gegen die Ausführungen des sechsten Kapitels müssen wir aber einige Einwände geltend machen. Die Ableitung, welche Eddington auf S. 175 für den Satz gibt, daß die Lichtstrahlen durch die geodätischen Nulllinien der vierdimensionalen Welt gegeben sind, scheint uns nicht recht verständlich, und sicher sind seine Ausführungen auf S. 189 ff. über die Dynamik des Elektrons unzutreffend. Denn dabei wird einmal die Maxwell-Lorentzsche Elektrodynamik als streng gültig vorausgesetzt und dennoch von einem nicht-elektromagnetischen Anteil an der Energie, der Masse und dem Impuls des Elektrons abgesehen, obwohl doch in der physikalischen Literatur die Notwendigkeit eines solchen Anteils (falls man nicht eine neue Elektrodynamik schafft) hinreichend bekannt ist.

Eigenartig, aber wohl kaum überzeugend, ist schon früher (S. 112) die Behandlung der rotierenden

Scheibe, bei der der Verfasser sich auf eine uns nicht zugängliche Veröffentlichung von H. A. Lorentz bezieht. Durch Ehrenfest und andere Autoren ist in der physikalischen Literatur bekannt, daß ein Körper, der in gleichförmige Drehgeschwindigkeit um eine feste Achse gebracht wird, nach der Relativitätstheorie notwendige elastische Deformationen erleidet. Hier wird nun vorausgesetzt, daß der Körper einmal inkompressibel ist und auch bei der Drehung eine durch zwei parallele Ebenen begrenzte Scheibe darstellt. Daraus ergibt sich dann eine bestimmte Art der Deformation. Wodurch aber die Erfüllung der zweiten Bedingung gewährleistet ist — wenn man sich schon mit der ersten als einer auch für die Relativitätstheorie zulässigen Näherung abfinden will —, das wird nicht gesagt.

Das größte Interesse wird man bei dem Buche eines Astronomen wohl den Teilen entgegenbringen, in denen er von den kosmologischen Möglichkeiten spricht, welche die Relativitätstheorie eröffnet (Kapitel 5). Aber gerade hierbei haben wir eine ganze Reihe von Bedenken empfunden; und wir möchten darauf etwas ausführlich eingehen, weil die Gefahr besteht, daß sich hier irrtümliche Anschauungen festsetzen, namentlich in der mehr populären Literatur. Es handelt sich dabei um die Deutung der bekannten de Sitterschen Lösung der Feldgleichungen $R_{ik} - \lambda g_{ik} = 0$:

$$ds^2 = \frac{dr^2}{1 - \frac{1}{3} \lambda r^2} + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2) - c^2 \left(1 - \frac{1}{3} \lambda r^2\right) dt^2 \dots (1)$$

die wir durch die Transformation:

$$r \cos \theta = x, \quad r \sin \theta \cos \varphi = y, \quad r \sin \theta \sin \varphi = z$$

auf die Form:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + \frac{\frac{1}{3} \lambda}{1 - \frac{1}{3} \lambda (x^2 + y^2 + z^2)} (xdx + ydy + zdz)^2 - c^2 \left(1 - \frac{1}{3} \lambda (x^2 + y^2 + z^2)\right) dt^2 \dots (2)$$

bringen können¹⁾.

Auf S. 163 beweist Eddington, daß die räumliche Bahn des Lichts danach durch lineare Beziehungen zwischen x, y, z gegeben ist. Da sich das nach der alten Physik im euklidischen Raum ebenso verhält, falls x, y, z kartesische Koordinaten sind, schließt er, daß die Ermittlung der Fixsternabstände aus Parallaxenbeobachtungen nach de Sitter genau so vorzunehmen ist, wie unter euklidischen Voraussetzungen. Tatsächlich gehört doch zu den Grundlagen der alten Abstandsbestimmung der Satz: In einem aus Lichtstrahlen gebildeten Dreieck beträgt die Summe der Winkel 180°. Denn nur unter dieser Voraussetzung kann man die gemessene Parallaxe gleich dem Winkel setzen, unter welchem der Erdbahndurchmesser vom Stern aus erscheint. Für die Gültigkeit dieses Satzes ist aber notwendig, daß, wenn der Lichtstrahl in irgendwelchen Koordinaten durch lineare Gleichungen gegeben ist, daß dann in denselben Koordinaten das dreidimensionale Linienelement durch die euklidische Maßbestimmung $da^2 = \sum g_{ik} dx^i dx^k$ mit konstanten g_{ik} gestellt wird. Und das ist nach (2) nicht der Fall, kann

¹⁾ Wir halten uns hier nicht an die Bezeichnungsweise Eddingtons, sondern benutzen dem deutschen Leser geläufigere Benennungen.

nach gar nicht der Fall sein, weil eben der de Sitter'sche Raum nicht euklidisch ist.

Nach (1) nimmt die Lichtgeschwindigkeit $c \left(1 - \frac{1}{3} \lambda r^2\right)$ mit wachsendem r stets ab und wird

schließlich für $r = \sqrt{\frac{3}{\lambda}}$ zu Null. An dieser Fläche liegt

der von Einstein, Weyl und de Sitter selbst angegebene „Massenhorizont“ die unerreichbare Grenze des Raums und zugleich die einzige Stelle, an welcher der sonst leere de Sitter'sche Kosmos erhebliche den Raum beeinflussende Massen enthält. Je näher eine Uhr ihm liegt, um so langsamer verläuft ihre Eigenzeit gegen die „kosmische“ Zeit t , und da sich Lichtwellen, bezogen auf t , mit unveränderter Schwingungszahl fortpflanzen, muß sich dieser langsamere Gang im „Pol“ $r=0$ und seiner Umgebung als Rotverschiebung aller Spektrallinien bemerkbar machen, auch wenn diese von einer in dem hier benutzten Koordinatensystem ruhenden Lichtquelle entsandt werden. Als die bei weitem fernsten uns bekannten Objekte betrachten manche Astronomen nun gewisse Nebel, und so hat schon de Sitter die Frage gestellt, ob sich nicht an diesen eine solche Rotverschiebung beobachten läßt. In der Tat kann Eddington (S. 162) noch unveröffentlichte Beobachtungen von V. M. Slipher am Lowell-Observatorium mitteilen, denen zufolge sich bei 36 unter 41 derartigen Nebeln eine zum Teil sehr erhebliche

Rotverschiebung (bis zum Betrage $6 \cdot 10^{-8}$ von $\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$) zeigt.

Nach Eddington ist dies aber — immer unter der Voraussetzung der de Sitter'schen Welt — nicht nur aus der geringen Lichtgeschwindigkeit am Ort dieser Nebel zu erklären, sondern auch daraus, daß sie unter der Anziehungswirkung durch den Massenhorizont, welche sich bekanntlich ebenfalls aus der Maßbestimmung (1) ableiten läßt, eine Bewegung vom Pol und damit auch vom Sonnensystem fort haben (S. 161 unten). Hiergegen möchten wir Einspruch erheben. In einem statischen Schwerfeld durchläuft ein Körper nach der Relativitätstheorie genau so wie nach der Newton'schen den aufsteigenden Teil seiner Bahn in der gleichen Art und, sofern wir entsprechende Bahnstrecken betrachten, in derselben Zeit, wie den absteigenden. In einem beliebig herausgegriffenen Augenblick ist also die Wahrscheinlichkeit, ihn im Aufstieg gegen die Schwerkraft zu sehen, genau so groß, wie die, daß man ihn im Abstieg vorfindet. Macht man also nicht eine Schöpfungshypothese (und die Annahme, daß „am Anfang“ alle Körper in der de Sitter'schen Welt gegen den Massenhorizont geruht haben, wäre eine solche), so kann man aus der Anziehung durch den Massenhorizont nicht schließen, daß die Körper jetzt im allgemeinen eine Bewegung auf diesen zu zeigen. Das Überwiegen der Rotverschiebung gegen die entgegengesetzte Verlagerung der Linien muß also allein aus der verringerten Lichtgeschwindigkeit erklärt werden.

Man kann aus (1) leicht herleiten, daß ein Beobachter außerhalb des Pols, wenn er von einer Lichtquelle im Pol Licht empfängt, an diesem eine Violettverschiebung wahrnimmt, wie ja auch ein Beobachter auf der Sonne an dem Licht einer irdischen Lichtquelle eine solche bemerken müßte. Diesem unseres Erachtens unbestreitbaren Satz widerspricht merkwürdigerweise Eddington auf S. 164; nach ihm sollen beide Beobachtungen eine Rotverschiebung ergeben. Und er gibt für dieses merkwürdige Paradoxon die nicht minder merkwürdige Erklärung, daß der außerhalb des Pols befindliche Be-

obachter infolge der Anziehung durch den Massenhorizont notwendigerweise auf diesen zu zu fallen beginne, so daß ein Dopplereffekt eintrete. Dieser Grund, der jeden Beobachter mit einem materiellen Körper behaftet voraussetzt, vermag uns nicht zu überzeugen, schon weil man den „Beobachter“ aus dem Gedankengang, der zur Linienverschiebung führt, (wie überhaupt aus der ganzen Relativitätstheorie) vollständig fortlassen kann. Uns blieb diese Stelle überhaupt unverständlich, bis wir in dem früheren Werk des Verfassers (Space, Time and Gravitation) die Ansicht vertreten fanden, daß in der de Sitter'schen Welt alle Raumpunkte gleichberechtigt wären. Auf Grund einer solchen Gleichberechtigung wäre der obige Schluß allerdings gerechtfertigt. Demgegenüber müssen aber wir betonen, daß im de Sitter'schen Kosmos der Pol a 's der von allen Teilen des Massenhorizonts im gleichen, endlichen Abstand befindliche Raumpunkt vor allen anderen bevorzugt ist. Darin unterscheidet sich der de Sitter'sche Raum vom dem Einsteinschen Kugelraum, in welchem letzterem in der Tat alle Punkte gleichberechtigt sind.

Alle diese Einwände vermögen aber unseres Erachtens den Wert des Buchs nicht wesentlich zu beeinträchtigen. Wir haben sie hier vorgebracht, weil bei dessen sonstigen Vorzügen und bei dessen vorausszusehendem Einfluß auf andere Darstellungen der Relativitätstheorie Grund zu der Befürchtung vorliegt, daß sich auch diese Mängel weiter fortpflanzen; und auch in der Hoffnung, daß das Buch selbst sich bei weiteren Auflagen von ihnen befreien wird. Wir schließen mit dem Wunsch, daß es einem deutschen Verlage gelingen möge, trotz aller Valutaschwierigkeiten eine Übersetzung herauszubringen.

M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Planck, Max, Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Leipzig, S. Hirzel, 1922. 208 S. und 12 Abbildungen. 15 × 22 cm.

Mit diesem Buch wird die Veröffentlichung der Berliner theoretischen Vorlesungen Plancks fortgesetzt, die „zum Gebrauch bei Vorträgen sowie zum Selbstunterricht“ allgemein zugänglich gemacht werden. Es besitzt die bekannten Vorzüge der Planck'schen Bücher und Vorlesungen in hohem Maße: die Einheitlichkeit, die Geschlossenheit des Gedankenbildes, die nicht durch ein Hin- und Herspringen zwischen verschiedenen Auffassungen und Darstellungsweisen gestört wird; die klare Formulierung der eingeführten Voraussetzungen und Begriffe; die übersichtliche Systematik des Gebietes, die dem aufmerksamen Schüler die Beherrschung jeder, auch der technischen Teilfragen ermöglicht, obgleich in dem Werk selbst so gut wie gar keine Konzessionen an die Praxis gemacht sind. Daß die Zurückhaltung gegenüber den Tagesströmungen, die dem vornehmen und kühl betrachtenden Geiste dieses Werkes angemessen ist, sich auch auf die neuere atomistische Entwicklung der Elektrizitätslehre erstreckt — die Lorentz'sche Theorie wird nur in einem Schlußwort gestreift —, darf wohl nicht als Nachteil gelten; es wird eben bei jeder derartigen Monographie eines theoretischen Teilgebietes immer noch „ein anderes Blatt“ geben und geben müssen.

Der Stoff ist in 3 Abschnitte gegliedert: Deduktion der allgemeinen Maxwell'schen Feldgleichungen — Behandlung der statischen und stationären Probleme — Behandlung der quasistationären und allgemeinen Vorgänge. Von vornherein wird, halb axiomatisch, der Standpunkt der Nahwirkungsphysik eingeführt; die Wirkung eines elektrisierten Körpers auf einen

anderen erscheint durch lokalisierte Feldzustände im Zwischenmedium vermittelt und bedingt. Die Realität dieser „Feldzustände“ als der Grundlage aller elektromagnetischen Erscheinungen wird von vornherein so eindringlich geltend gemacht, daß es nunmehr ganz folgerichtig erscheint, wenn die Maxwell'schen Gleichungen in ihrer allgemeinsten Form, fast ohne weitere Voraussetzungen, aus den Annahmen über die lokale Energie- und Energieströmungslichte in Abhängigkeit von den elektrischen und magnetischen Feldgrößen abgeleitet werden. Die freie Wahl der elektromagnetischen Maßsysteme innerhalb des CGS-Maßes für die Energie erscheint bei dieser Darstellung noch in besonders übersichtlicher Form und wird durch eine Vergleichungstabelle am Schluß des Buches unterstützt; auf der anderen Seite treten solche primären Begriffe wie elektrische Ladung, elektrischer Strom, elektrische Doppelschicht freilich in so abgeleiteter Form auf, daß man gewissermaßen erst ein kleines Schwindelgefühl überwunden haben muß, ehe man sich mit der normalen Bedeutung dieser Begriffe wieder befreundet hat.

Immerhin bleibt diese ganze Ableitung der Maxwell'schen Gleichungen vollständig konsequent, einheitlich und einwandfrei, und die Behandlung aller weiteren Probleme ist nunmehr fast nur eine Anwendungsfrage der gefundenen allgemeinen Gesetze auf spezielle Fälle. Im 2. Teil folgt zunächst eine klare und recht erschöpfende Darstellung der elektrostatischen Potentialtheorie, dann werden, einfach als die allgemeinere, mit den Grundgleichungen verträgliche Annahme, Kontaktpotentialen an den Grenzflächen zweier homogener Medien eingeführt und unter diesem Gesichtspunkt die Galvani- und Voltaspannungen behandelt. Das magnetostatische Feld und das Feld des Stromes als weitere Spezialfälle der Maxwell'schen Gleichungen schließen sich an, die ponderomotorischen Wirkungen werden aus dem Energieprinzip abgeleitet. Immer wird betont, wie den eindeutigen Aussagen der Nahwirkungstheorie hierbei eine Vieldeutigkeit der Fernwirkungstheorien gegenübersteht.

Im letzten Teil, der zunächst quasi-stationäre und dann Strahlungsvorgänge behandelt, interessiert besonders das letzte Kapitel über dynamische Vorgänge in bewegten Körpern. Es wird gezeigt, wie die in den anfänglichen Voraussetzungen eingeführte Annahme eines an jeder Stelle einheitlichen Mediums als Trägers der elektromagnetischen Zustände notwendig zur den Hertz'schen Gleichungen für bewegte Körper führt, die mit der Erfahrung im Widerspruch stehen. Hier wird dann auf die Lorentz'sche Theorie des „ruhenden Äthers“ hingewiesen, in dem die Materie nur durch ihre Mitführung von elektrischer Ladung Störungen bewirkt, und schließlich die Einsteinsche Relativitätstheorie mit ihren Aussagen über den nicht Galileischen Charakter der Raum-Zeit-Transformationen als notwendige Ergänzung dieser Theorie genannt.

W. Schottky, Rostock.

Lorentz, H. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung für Studierende der Naturwissenschaften. 4. Auflage. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1922. V, 602 S. und 122 Abbildungen. 14 × 22 cm.

Schon der Titel dieses in der vierten Auflage vorliegenden Werkes betont, daß es sich hier nicht um ein Buch handelt, welches dem reinen Mathematiker oder dem forschenden theoretischen Physiker Genüge tun soll. Das Buch ist in erster Linie für Studenten, z. B. Experimentalphysiker und andere Naturwissenschaftler bestimmt, die ohne allzugroßen Zeitaufwand

in die elementaren Kapitel der höheren Analysis einzutreten wollen mit dem Ziele, sich dort gerade nur diejenigen Kenntnisse anzueignen, die für jede quantitative Behandlung von Naturerscheinungen unentbehrlich sind. Von diesem Gesichtspunkt aus ist die Auswahl des Stoffes und die Darstellung tatsächlich auf derjenigen Höhe, die der Name des Autors verspricht. In der glücklichsten und anregendsten Weise ist der mathematische Stoff mit naturwissenschaftlichen Anwendungen aus verschiedenen Gebieten durchsetzt und belebt, und mit feiner pädagogischer Kunst werden dabei solche Beispiele gewählt, die an die naturwissenschaftliche Vorbildung des Lesers zu hohe Anforderungen stellen würden. Günstlich der interessierten Primaner oder Studenten, dem dieses anregende Buch statt der leider so verbreiteten mathematischen Schullditeratur in die Hand fällt! Auch der Student, der sich später weitergehende mathematische Kenntnisse aneignen will, kann zuviel nicht gewinnen, wenn er mit dem Lorentz'schen Buche den Anfang gemacht hat. Mittlerweile wird er gelegentlich die für weitergehende Studien nötige mathematische Präzision vermissen, so z. B. auf Seite 169, wo von unendlich kleinen Größen und Differentialen die Rede ist und wo wohl nur der Kenner der Sache mit den Erklärungen einen ganz präzisen Sinn verbinden können wird, wenn gleich es und für sich die Einführung des Differentialquotienten vollständig korrekt ist. — Im Ganzen kann das Buch auch für den Universitätslehrer der Mathematik wertvolle Anregungen bieten. So ist zu hoffen, daß auch die neue Auflage wie die früheren überall ihre Freunde finden wird.

R. Couand, Göttingen.

Theories of Magnetism. Bulletin of the National Research Council. Vol. 3, Nr. 48, August 1922.

Der Bericht, dessen Beiträge aus der Feder bekannter Fachwissenschaftler stammen und eine Übersicht bis etwa Ende 1920 geben, zeichnet sich durch historische Gründlichkeit aus und wird, da eine ähnliche Zusammenstellung zurzeit bei uns nicht existiert, auch für die deutsche Forschung eine gewisse Belehrung haben.

Nach einer Übersicht über die früheren Theorien der Elementarmagnete und Elementarströme von Gilbert bis Ewing (Quimby) gibt A. Wills einen Überblick über die Theorien des Para- und Diamagnetismus bis 1920, E. M. Terry behandelt die Theorien der inneren Felder und des Ferromagnetismus, J. Kerr die magnetischen Kristalle und die Magnetonenfrage, Williams und Quimby die Fragen der Magnetostriktion, S. J. Barnett die Beziehungen zwischen mechanischem Drehmoment und Magnetisierung, schließlich L. R. Ingalls kurz einige magneto-optische Fragen.

Man kann nicht gerade sagen, daß der hier gegebene einigermaßen vollständige Überblick über die bisher gewonnenen theoretischen Erkenntnisse auf diesem Gebiet einen sehr erfreulichen Gesamteindruck hervorruft. Die Reichhaltigkeit und Komplexität der beobachteten Erscheinungen hat öfters dazu geführt, gewisse Spezialtheorien durch passende Annahmen mit den Beobachtungen in weitgehende Übereinstimmung zu bringen, ohne daß dadurch irgendwie zwingend auf die Notwendigkeit und Eindeutigkeit der Grundannahmen zu schließen oder auch nur ein weiteres als das ursprünglich zugrunde liegende Material zu beherrschen wäre. So scheint doch z. B. die ganze von Ewing und besonders seinen japanischen Nachfolgern geleistete Arbeit ziemlich vergeblich gewesen zu sein, nachdem sich herausgestellt hat (Frisvold), daß die von diesen Autoren angenommenen magnetischen Ursachen des inneren

Feldes oberhalb etwa 1° absolut viel zu schwach sind, um in Konkurrenz mit der Wärmebewegung irgendwelche orientierenden Wirkungen aufrechtzuerhalten.

Derselbe Einwand scheint auch gegen die interessante Theorie des inneren Feldes bei diamagnetischen Substanzen von *Oxley* (1914—1920) erhoben werden zu können, wo durch Vergleich der Suszeptibilitäten im flüssigen und kristallinen Zustand innere Magnetfelder von über 10^7 Gauß errechnet werden, während beispielsweise ein Bohrsches Magneton in der Entfernung eines Atomabstandes nur Felder von weniger als 10^4 Gauß hervorruft. Ob die von *Oxley* diskutierten Zusammenhänge dieses inneren „magnetischen“ Feldes mit der Gitterenergie und Härte der Kristalle, der Dichteänderung beim Ausfrieren usw. eine von dieser unwahrscheinlichen Annahme unabhängige Bedeutung besitzen, muß wohl vorläufig dahingestellt bleiben.

In demselben Artikel (*Terry*) werden übrigens auch die von *P. Weiß* zur Erklärung der inneren Felder herangezogenen Versuche von *Maurain* und seinen Nachfolgern diskutiert, die sich auf die magnetische Orientierung von im Magnetfeld elektrolytisch niedergeschlagenen Eisenschichten beziehen. *Weiß* nimmt hier besondere „Kontaktkräfte“ an, die sich (wenn nicht Ungleichmäßigkeiten der aufgetragenen Schichten die Resultate fälschen! d. Ref.) über viele Atomabstände hinweg erstrecken. Die nähere Natur dieser Kontaktfelder bleibt allerdings nach wie vor unaufgeklärt.

Von Quantentheorien des Paramagnetismus sind nur die früheren Arbeiten von *Reiche*, *Weissenhof* u. a. näher besprochen, die das magnetische Atom oder Molekül als rotierendes System mit zwei Freiheitsgraden ansehen, während der dritte Freiheitsgrad durch das konstante magnetische Moment festgelegt ist und keine Rolle spielt. Die Bemerkungen von *Pauli*, die wahrscheinlich der Wirklichkeit näher, von der räumlichen Quantelung von Keplerbahnen ausgehen und schon in die Linie der Stern-Gerlach'schen Experimente führen, sind noch erwähnt; dagegen konnten anscheinend die grundlegenden Bemerkungen von *W. Lenz* über die diskreten Quantenlagen der magnetischen Atome in festen Körpern nicht mehr berücksichtigt werden.

Hervorgehoben sei endlich noch die sehr instructive Zusammenstellung von *Kunz* über ferromagnetische Kristalle, wo u. a. die sonst schwer zugänglichen Arbeiten über Eisenkristalle und Hämatit referiert sind. Bei den von *K. Beck*, einem Schüler von *Weiß*, untersuchten Eisenkristallen ist innerhalb der Ebene der Würfelseiten, wie zu erwarten, 90° -Symmetrie der Magnetisierung vorhanden, die Maxima liegen in den Richtungen der Würfelmkanten. Bemerkenswert ist, daß eine spontane Magnetisierung bei diesen Weicheisenkristallen im Gegensatz zum Pyrrhotin fast gar nicht beobachtet wurde; Messungen bei tiefen Temperaturen wären hier zur theoretischen Klärung noch unbedingt notwendig.

W. Schottky, Rostock.

Schiller, Karl, Einführung in das Studium der veränderlichen Sterne. Leipzig, Johann Ambrosius

Barth, 1923, VIII, 384 S. und 45 Abb. im Text. 8°.

Es muß als ein sehr glücklicher Gedanke des Verfassers des vorliegenden Buches bezeichnet werden, die veränderlichen Sterne zum Gegenstande einer nicht zu umfangreichen, aber auch nicht zu knappen Monographie zu machen. In den zahlreichen astronomischen Kompendien, die im Laufe der letzten zwei bis drei Jahre in Deutschland erschienen sind, werden ja zwar diese interessanten Objekte auch eingehend be-

handelt, aber doch nicht so ausführlich, wie es etwa für den Liebhaberastronomen, der sich ihrer Beobachtung widmen will, wünschenswert wäre. *Schillers* Buch füllt also eine wirkliche Lücke aus. Übrigens wird auch der Fachastronom gern zu ihm greifen, um sich über einzelne Fragen in bequemer Weise zu unterrichten.

Das Buch setzt an mathematischen oder sonstigen Vorkenntnissen nur wenig voraus. Es zerfällt in sechs Abschnitte: I. Die astrophysikalischen Grundlagen, II. Praktische Photometrie (hier werden auch die photographischen Helligkeitsbestimmungen ausführlich behandelt), III. Die Bearbeitung der veränderlichen Sterne, IV. Lichtwechselhypothesen, V. Die Theorie der Verfinsterungsvariablen (gerade dieser Abschnitt wird auch dem Fachmanne sehr willkommen sein), VI. Systematische Studien. Vielleicht wäre ein Verzeichnis der helleren Veränderlichen und ein näheres Eingehen auf besonders interessante oder typische Objekte vielen Lesern angenehm gewesen. Abgesehen davon wird man in dem Buche alles finden, was man darin zu suchen berechtigt ist; es macht das Nachschlagen vieler in Zeitschriften usw. verstreuter Abhandlungen überflüssig und ist zugleich ein guter Führer durch die Literatur über veränderliche Sterne. Die Schreibweise ist frisch und klar, der Inhalt bis auf einige ziemlich unwesentliche Versehen von erfreulicher Korrektheit. Sehr zu loben ist auch die Ausstattung.

Es wäre sehr zu wünschen, daß *K. Schillers* Buch dazu beiträgt, das Interesse an den veränderlichen Sternen speziell in Deutschland zu fördern. Die Liebhaberastronomen können auf diesem Gebiete — zweifellos dem lohnendsten, auf dem sie sich betätigen können — noch sehr viel wertvolle Arbeit liefern. In Deutschland sind es aber verhältnismäßig nur sehr wenige, die sich ernsthaft der Beobachtung der veränderlichen Sterne hingeben; wenn wir dagegen die Leistungen der amerikanischen Amateure betrachten, die sich zu einer großen, ihre Beobachtungen regelmäßig veröfentlichenden „American Association of Variable Star Observers“ organisiert haben, so müssen wir beschämt gestehen, daß bei uns in dieser Hinsicht bei weitem nicht genug geschieht.

H. Ludendorff, Berlin-Potsdam.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Zur Frage der Ausbreitung, Ansteckungsart und Verhütung der Lepra. Am größten ist der Prozentsatz der Leprakranken in den heißen, feuchten, tropischen Ländern, relativ groß auch in den nördlichen Lepragebieten, wo in den geheizten Wohnräumen ähnliche Vorbedingungen erfüllt sind. Die Art der Ausbreitung in frisch infizierten Gegenden auf die nächste Umgebung des ersten Kranken wird an mehreren charakteristischen Beispielen dargelegt. Eine Statistik über 700 von *Rogers*¹⁾ unter diesem Gesichtspunkt gesammelter Fälle zeigt ebenfalls das Überwiegen der (wahrscheinlichen) Infektionen von Ehegatten, Pflegern, Hausgenossen Leprakranker, namentlich bei Berücksichtigung der Tatsache, daß jenseits des 30. Lebensjahres die Empfänglichkeit für die Ansteckung sehr abnimmt. Die Übertragung findet wahrscheinlich durch Inokulation in die verletzte Haut und Schleimhaut statt. Zum

¹⁾ Brit. med. journ. 3208, 987—990, 1922.

Beweise dienen Roger u. a. auch einige Beobachtungen von Vaccinationsinfektion und Infektion von Ärzten. Prophylaktisch ist also prinzipiell die Vermeidung häufigen Kontakts, namentlich von Kindern, mit infektiösen Leprösen notwendig. — Die Bekämpfung der Lepra auf den Sandwichinseln besteht hauptsächlich in der Isolierung der Ansteckenden und in der Nachbehandlung der aus den Lepraheimen Entlassenen. Unter die Meldepflicht fällt jeder Kranke, bei dem Leprabacillen mikroskopisch nachgewiesen wurden oder bei dem eine Kommission von drei Ärzten die klinische Diagnose Lepra stellt. Die leichteren Fälle bleiben in der Nähe von Honolulu, während die schwereren auf die Insel Molokai gebracht werden. Sobald die klinische Heilung erfolgt ist, mehrfach keine Bacillen gefunden wurden, tritt eine ambulante Behandlung ein; der Kranke muß bei Strafe erneuter Isolierung alle 8—14 Tage zur „Parole“. Diese seit 2 Jahren durchgeführte Behandlungsmethode liegt in den Händen von Dean, dessen neue Präparate des Chaulmoograöl solche Maßnahmen erst ermöglichten. Diese vom Verf. genau aufgeführten Mittel werden teils innerlich in Kapseln, teils als Salbe und schließlich als intramuskuläre Einspritzung verabfolgt. Als Vorteil dieser neuen Medikamente wird eine hohe Dosierung auf lange Zeit, Schmerzlosigkeit bei intramuskulärer Einspritzung und endlich bessere Wirkung als bei den alten Chaulmoograpräparaten gerühmt. Jetzt schon von Heilerfolgen zu sprechen, hält Verf. für verfrüht, doch bestätigt er die guten Erfolge der Mittel und des ganzen Behandlungssystems²⁾. — De Souza Aranha, der Chef des Gesundheitsdienstes, zählte im März 1922 in der Stadt Para 1135 Fälle, im Hinterland weitere 104. Die meisten sind nicht interniert, doch ist die Behandlung (Chaulmoograöl) in einem städtischen Institut obligatorisch. Ein großes Spezialkrankenhaus wird gebaut³⁾. — Langwierige Injektionskuren mit „Collobiase de Chaulmoogra“, einem französischen Präparat, wurden von dem Verf. ohne Heilwirkung ausgeführt. Da sich in dem Mittel nur „homöopathische Mengen“ von dem sonst bei Lepra wirksam gefundenen Chaulmoograöl befinden, ist ein Mißerfolg nicht weiter verwunderlich. Darum wendet der Verf. sich in scharfen Worten gegen das kostspielige Experimentieren mit solchen Mitteln und sieht in der Anlage von Lepraheimen mit strenger Isolierung die einzige Möglichkeit des Kampfes gegen die Lepra. Die Eingeborenen wissen allmählich die hygienischen und wirtschaftlichen Vorteile, die sie sich dem unter seinen Landsleuten gemiedenen Leprakranken in der Anstalt bieten, zu schätzen. Durch die Absonderung der Bacillenträger — 2—3 % der Bevölkerung von Niederl.-Indien, d. s. 150 000 Lepröse — muß es nach Ansicht des Verf. gelingen, die Lepra in 2—3 Generationen auszurotten⁴⁾. — In der Hautklinik in Cagliari sind zurzeit aussichtsreiche Versuche einer chemotherapeutischen Beeinflussung der Lepra im Gange mit Cuprocyan und Cuproiodase. Verf. probierte die Collobiase de Chaulmoogra (Dausse), eine von Vabram angegebene feinste Emulsion von Chaulmoograöl in Gummilösung, an 20 Fällen aus. Er gab jeden 2. Tag von $\frac{1}{4}$ bis 2 ccm ansteigend intravenöse Injektionen in Serien von 20—30 Einspritzungen, welche nach 30 bis 40 Tagen wiederholt wurden. Inzwischen wurden bis

20 subcutane Injektionen von $\frac{1}{4}$ bis 5 ccm verabreicht. Die Behandlung wurde reaktionslos vertragen. Der klinische Erfolg (Verschwinden der Manifestationen, Wiederkehr der Sensibilität) war gut. In einer Reihe von Fällen erfolgte auch ein Umschlag der vorher positiven Komplementbindungsreaktion des Serums gegenüber Lepromextrakt⁵⁾.

Zentralblatt für Haut- und Geschlechtskrankheiten.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft. In der Sitzung am 5. März sprach Dr. Ahrens über die *Vogelberingung in Amerika*. Die ersten Versuche, Zugvögel zu markieren, um über ihre Rückkehr Aufklärung zu erhalten, wurden in Amerika im Anfang des 19. Jahrhunderts ausgeführt, wo Audubon einer Brut des in Nordamerika heimischen Braunen Tyrannen — *Tyrannus fusces Gm.* — silberne Fäden um die Füße legte. Von den gezeichneten Vögeln kehrten zwei im folgenden Frühjahr in ihre Heimat zurück. — Nachdem 1899 der dänische Ornithologe Mortensen die Erforschung des Vogelzuges durch Vogelberingung in die Wege geleitet hatte, begann man 1901 ebenso wie in Deutschland auch in Amerika, Zugvögel zu beringen. 1909 wurde auf der Jahresversammlung der Amerikanischen Ornithologischen Gesellschaft die „American Bird Banding Association“ begründet, die die Vogelberingung, die bisher von einzelnen Lokalvereinen ausgeführt war, einheitlich organisierte. 1920 wurde die ganze Organisation der Vogelberingung dem „Bureau of Biological Survey“ in Washington unter Leitung von Oberholzer und Lincoln übertragen. Die Beringung wird hauptsächlich von freiwilligen Mitarbeitern ausgeführt; man plant jedoch, möglichst zahlreiche Stationen in den Vereinigten Staaten zu errichten, welche den Landwirtschaftlichen Instituten angegliedert werden sollen und in ihrer wissenschaftlichen Arbeit dem „Bureau of Biological Survey“ unterstehen. Die Beringung erstreckt sich auf Nestvögel und auf alte Vögel, zu deren Fang umfangreiche Einrichtungen getroffen sind. Die Winterquartiere der nordamerikanischen Zugvögel liegen teils im Gebiet des Golfes von Mexiko, teils in Südamerika, wo einige Arten die Zugbewegung bis über den Äquator hinaus, ja bis Patagonien ausdehnen. Der Zug erfolgt teils in „breiter Front“, teils auf bestimmten, festliegenden „Zugstraßen“, die durch das Tal des Mississippi, über Mexiko und Zentralamerika, sowie über Florida, die Bahamainseln und die Antillen nach Südamerika führen.

F. von Lucanus.

Neue Untersuchungen über Intersexualität. Vor zwei Jahren hat Goldschmidt zusammenfassend seine Erfahrungen über Intersexualität bei dem Schwammspinner (*Lymantria dispar*) veröffentlicht. Die Intersexualität äußert sich darin, daß bei einem Individuum während seiner Entwicklung plötzlich ein Umschlag nach dem andern Geschlecht — sowohl hinsichtlich der primären wie auch der sekundären Geschlechtscharaktere — eintritt. Erklärt wird diese Erscheinung durch die Annahme, daß in jedem Individuum Fermente sowohl für männliche als auch für weibliche Hormonbildung vorhanden sind. Normalerweise nun sind die Verhältnisse so geregelt, daß die eine Sorte von Fermenten die andere numerisch so sehr überwiegt, daß sie allein den Ausschlag gibt. Unter besonderen Umständen aber — bei Bastarden aus geschlechtlich verschieden „starken“ Rassen — kommt es vor, daß während der ontogenetischen Entwicklung die eine Fer-

²⁾ Geneesk. tijdschr. v. nederlandsch Ind. 62, 2, 212—223, 1922.

³⁾ Publ. health reports 37, 22, 1313, 1922.

⁴⁾ Geneesk. tijdschr. v. nederlandsch Ind. 62, 2, 149—163, 1922.

⁵⁾ Rev. internat. de mèd. et de chirurg. 33, 4, 45 bis 49, 1922.

mentsorte die andere überholt, und von dem Augenblick an tritt der Umschlag ein („Drehpunkt“). Alles was vorher schon differenziert war, bleibt bestehen, alle Neubildungen nehmen den veränderten Geschlechtscharakter an. Diese Theorie kann natürlich experimentell nach den verschiedensten Richtungen ausgebaut werden, und so berichtet *Goldschmidt* neuerdings (Zeitschr. f. indukt. Abst. 29, 1922) über eine Reihe weiterer Erfahrungen.

Frühere Beobachtungen haben ergeben, daß der Antennenumschlag bei männlichen und weiblichen „Intersexen“ in verschiedener Weise verläuft. Beide Geschlechter unterscheiden sich dadurch, daß bei den Männchen die Seitenfiedern der Antennen wesentlich länger sind. Bei weiblichen Individuen nun nimmt mit steigender Intersexualität die Fiederlänge schrittweise zu, bis schließlich bei den höchsten Graden vollständig männlicher Charakter der Antennen zum Durchbruch gelangt. Beim Männchen dagegen behalten die Fiedern bis zu sehr hohen Intersexualitätsgraden ihren Charakter bei, erst dann beginnt der Umschlag, und zwar zuerst bloß an der inneren Fiederreihe, um erst bei noch weiterer Steigerung auf die äußere überzugreifen. Dieser auffällige Unterschied zwischen Männchen und Weibchen findet nun darin eine befriedigende Erklärung, daß erstens die männlichen Fiedern viel früher differenziert werden, und daß zweitens dabei die Außenflanke der Antennen der Innenflanke voraneilt. Bemerkenswert ist dann weiterhin das Verhalten der Flügelfärbung vor allem bei männlichen Intersexen; es entstehen nämlich eigenartige Mosaikbildungen von männlich und weiblich ausgestalteten Flügelfeldern, die sich einigermaßen an das Adernetz halten; dabei hängt der Flächenprozentsatz männlicher und weiblicher Felder von dem Grad der Intersexualität ab. An sich scheint dieser Befund im Widerspruch zu stehen zu den Vorstellungen über den Drehpunkt. Auf Grund gewisser Beobachtungen von *Spemann*, wonach bei der Gastrulation im Tritonei nicht alle Bezirke gleichzeitig differenziert werden, gelangt nun *Goldschmidt* zu einer entsprechenden Auffassung für die Schmetterlingsflügel. „Der Determinationspunkt tritt (wenigstens bei den Mosaiktypen) nicht gleichzeitig auf der ganzen Flügelfläche ein, sondern schreitet, von der Flügelbasis sich über den ganzen Flügel ergießend, als Determinationsstrom vor. Wenn nun im Falle der Intersexualität der Drehpunkt eintritt, so werden alle Flügelteile, die der Determinationsstrom noch nicht erreicht hat, ihr Geschlecht wechseln, alle aber, die er schon erreicht hat, ihre einmal eingeschlagene geschlechtliche Differenzierungsrichtung beibehalten.“

Schließlich wendet sich *Goldschmidt* der Frage zu, ob Intersexualität durch äußere Faktoren hervorgerufen werden kann. In erster Linie war dabei an die Temperatur zu denken. Es ist ja sehr wohl möglich, daß die Produktion männlicher und weiblicher Hormone durch Temperaturänderungen in verschiedener Weise beeinflusst wird, und daß es infolgedessen zu einem Überschneiden der Produktionskurven und damit zu einem geschlechtlichen Umschlag kommen kann. Versuche mit niedriger Temperatur (8 bis 9°) führten tatsächlich bei Weibchen zu einem gewissen Erfolg; es trat eine Verlängerung der Antennenfiedern bis zu einem Grade, der etwa mittlerer Intersexualität entspricht, ein, und die Flügel zeigten

deutliche dunkle Pigmentierung, wenn auch nicht ganz bis zu dem männlichen Farbton. Entscheidende Bedeutung freilich möchte *Goldschmidt* solchen Versuchen erst beilegen, wenn es gelingt, Umwandlungen der eigentlichen Geschlechtsorgane zu erzielen.

Die Entwicklungserregung parthenogenetischer Eizellen. Auf Grund von Versuchen, in denen es gelungen ist, durch Quetschung junger kastrierter Fruchtknoten bei *Oenothera lamarckiana* die ersten Stadien parthenogenetischer Entwicklung anzuregen, äußert *Haberlandt* den Gedanken, daß es wohl die von dem verletzten Gewebe ausgehenden Wundhormone sind, welche die Eizelle zur Teilung anregen. Eine solche „traumatische“ Parthenogenese ist auch *Bataillon* durch Anstechen unbefruchteter Froscheier gelungen. Anschließend daran hat dann *Haberlandt* die Hypothese aufgestellt, daß auch bei der natürlichen Parthenogenese Hormonwirkung mitspielt, und zwar würde es sich hier darum handeln, daß der Eizelle Nekrohormone von absterbenden benachbarten Zellen zuströmen. Für diese Auffassung werden nun in zwei neueren Arbeiten weitere Argumente beigebracht. Die erste (Sitzb. d. Preuß. Ak. d. Wiss. 1921) beschäftigt sich mit der Entwicklungserregung der Eizellen einiger parthenogenetischer Kompositen; der leitende Gedanke ist dabei der, festzustellen, daß sich bei den parthenogenetischen Formen Absterbeprozesse in der Nachbarschaft des Embryosacks oder im Embryosack selbst abspielen, die den normalen, befruchtungsbedürftigen Formen fehlen. Dieser Nachweis ist tatsächlich für zahlreiche Fälle geglückt. So sterben bei dem gewöhnlichen Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) die innersten Zellen des Integuments (Tapetenschicht) frühzeitig ab, während sie bei anderen befruchtungsbedürftigen Cichorien keine Desorganisationserscheinungen zeigen. Ähnliche Unterschiede ergeben sich für die obligat befruchtungsbedürftigen und die apomiktischen Hieracien, bei welchen letzteren aus bestimmten Zellen des Integuments „apospore“ Embryosäcke hervorgehen, wogegen der primäre Embryosack abstirbt. Hier kommt als Herd der Nekrohormonbildung sowohl der absterbende normale Embryosack wie auch die degenerierte Tapetenschicht in Frage. Bei der einzigen untersuchten befruchtungsbedürftigen Form blieb die Tapetenschicht wiederum am Leben. Nach derselben Richtung weist das abnorme Auftreten von Wundendosperm und Endospermembryonen, wie es ebenfalls im Zusammenhang mit Absterbeerscheinungen bei *Hypochoeris radicata* und *Hieracium*arten beobachtet wurde. Die zweite Arbeit (Sitzb. d. Preuß. Ak. d. Wiss. 1922) handelt von der parthenogenetischen Entwicklung der Eizellen des Wasserfarns *Marsilia Drummondii*. Hier werden für die Entwicklungserregung die Nekrohormone verantwortlich gemacht, die von den über der Eizelle liegenden absterbenden Kanalzellen ausgehen. Für eine Diffusion der maßgebenden Stoffe liegen die Bedingungen insofern sehr günstig, als häufig ein direkter plasmatischer Zusammenhang zwischen der Eizelle und der Bauchkanalzelle besteht; die Trennungswand ist durchbrochen und die Plasma- brücke weist feine längsfaserige Fibrillen auf, die hier wie so oft in analogen Fällen die Richtung des Diffusionsstroms markieren. Alle diese Beobachtungen deuten darauf hin, „daß als primäre Ursache der Parthenogenese . . . Stoffwechselstörungen im weitesten Sinne des Wortes wirksam sind“.

Stark.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 21. (Seite 389—412.)

25. Mai 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Rolle des Luftsauerstoffs bei der Abwasserreinigung. Von *Hans Stooff, Berlin-Dahlem*. S. 389.
Studien über die Bewegungsphysiologie niederer Organismen. (Schluß.) Von *P. Metzner, Berlin-Dahlem*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 395.
Über die Bedeutung der Physik des Unmeßbaren für die physikalische Forschung. Von *Erwin Freundlich, Berlin-Potsdam*. S. 399.

Besprechungen:

Meisenheimer, Johannes, Geschlecht und Geschlechter im Tierreich. Von *E. Pinkus, Berlin*. S. 402.

Hort, Wilhelm, Technische Schwingungslehre. 2. Auflage. Von *H. Alt, Dresden*. S. 403.

Meißner, W., Entfernungsmessung und Höhenmessung in der Luftfahrt. Von *A. König, Jena*. S. 404.

Möller, M., Kraftarten und Bewegungsformen. Von *R. Grammel, Stuttgart*. S. 404.

Blumer, Ernst, Die Erdöllagerstätten, Grundlagen der Petroleumgeologie. Von *Leopold Singer, Wien*. S. 405.

Höfer-Heimhelt, Hans, Das Erdöl und seine Verwandten. 4. Auflage. Von *Leopold Singer, Wien*. S. 406.

Freudenberg, Wilhelm, Geologie von Mexico. Von *Leopold Singer, Wien*. S. 406.

Stiny, J., Technische Geologie. Von *J. L. Wilsen, Freiburg i. Br.* S. 407.

Lippmann, E. O. von, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Von *Lockemann, Berlin*. S. 408.

Becker, Friedrich, Sternatlas. Von *R. Prager, Berlin-Neubabelsberg*. S. 409.

Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. S. 409.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers.

Ein Leitfaden für die Praxis und zum Gebrauch im Laboratorium. Von Geh. Regierungsrat Dr. W. Ohlmüller, früherem Vorsteher des Hygienischen Laboratoriums im Reichsgesundheitsamt, und Geh. Reg.-Rat Professor Dr. O. Spitta, Privatdozent der Hygiene an der Universität Berlin und Vorsteher des Hygienischen Laboratoriums im Reichsgesundheitsamt. Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 96 Textfiguren und 6 zum Teil mehrfarbigen Tafeln. (XVI, 382 S.) 1921.

G. Z. 10,5; gebunden G. Z. 13

Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.

Von Professor Dr. Hartwig Klut, wissenschaftlichem Mitglied der Preussischen Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem. Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 34 Textabbildungen. (VI, 190 S.) 1922.

G. Z. 4

Die Grundzahlen (G. Z.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 4800.— M. für Mai 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6950-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck (für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20220 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer).

Aeltere Jahrgänge

der

Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 293 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

Der Juni-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 4800.— zuzüglich M. 240.— Porto für direkte Zustellung unter Streifband, M. 6.— Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise bleiben wie bisher.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9

PREISAUSSCHREIBEN

des Reichskohlenrats für einen Druckluftmesser.

Die Schwierigkeiten des Postpaket- und Frachtverkehrs zwischen dem unbesetzten und neubesetzten Gebiet nehmen leider immer weiter zu. Aus diesem Grunde hat sich das Preisgericht des Reichskohlenrats, das vor Jahresfrist einen Wettbewerb für die Schaffung eines im Grubenbetriebe brauchbaren Druckluftmessers ausgeschrieben hatte, veranlaßt gesehen, die folgende Änderung bezüglich der Einreichung der Schriftsätze, Zeichnungen und Modelle vorzunehmen.

Die Lösungen (tatsächliche Ausführungen, Modelle, Zeichnungen und die nötigen Beschreibungen) können entweder an die Westfälische Berggewerkschaftskasse in Bochum oder nach Wahl an die Bergbau-Abteilung der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Berliner Str. 170, z. Hd. des Herrn Bergrat Professor Dr.-Ing. Tübgen eingereicht werden. Bezüglich ihrer Kennzeichnung ändert sich nichts.

Aus dem gleichen Grunde ist der Einreichungstermin vom 1. Juni bis zum 1. Juli 1923 verlängert worden, und es soll die Einlieferung auch dann als rechtzeitig erfolgt gelten, wenn die Absendung vor dem 1. Juli 1923 erfolgt.

Die Rolle des Luftsauerstoffs bei der Abwasserreinigung.

Von Hans Stoeff, Berlin-Dahlem¹⁾.

Die in der Natur bei der Zersetzung organischer Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft beobachteten Erscheinungen bestehen aus einer Reihe von neben- und nacheinander sich abspielenden Vorgängen, die man in *chemischer* Beziehung vor allem in ihrem Verhältnis zum *Sauerstoff*, dem wirksamen Bestandteil der Luft, zu unterscheiden versucht hat²⁾.

Bei ungehindertem Zutritt der atmosphärischen Luft werden die organischen Stoffe unter Bildung von Kohlendioxyd, Wasser, Ammoniak u. a. verflüchtigt, wobei die von ihnen eingeschlossenen Mineralstoffe frei werden und zum größten Teil hierdurch in eine aufnehmbare Form übergehen. Dieser Vorgang, den man seit *Liebig* als *Verwesung* bezeichnet, beruht also auf einer Oxydation, einer langsamen Verbrennung der organischen Stoffe durch den Sauerstoff der Luft. Das entstandene Ammoniak wird in der Regel weiter zu Salpeter- und salpetriger Säure oxydiert („Nitrifikation“).

Unter beschränktem Luftzutritt oder völligem Luftabschluß entstehen weniger gasförmige Produkte, die je nach der Art der sich zersetzenden Stoffe und den äußeren Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit usw.) durch Kohlendioxyd, Methan, Wasserstoff, Schwefel-, Phosphorwasserstoff, niedere Stickstoffoxyde u. a. vertreten sind, dafür mehr feste, der weiteren Zersetzung in ziemlich hohem Grade widerstehende Massen (Humusstoffe). Letztere zeigen neben stickstofffreien stickstoffhaltige Verbindungen und schließen die Mineralstoffe zum größten Teil in nicht assimilierbarer Form ein.

Handelt es sich vorwiegend um Eiweißkörper und verwandte organische Stoffe, so bezeichnet man die bei Sauerstoffmangel oder -abschluß vor sich gehenden Zersetzungen seit jeher als *Fäulnis*. Jene Stoffe werden unter Abspaltung von Ammoniak zu aromatischen Aminosäuren (z. B. Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan) reduziert, die weiter zu reinen Aminosäuren (z. B. Glykokoll, Leucin, Asparagin), aromatischen Oxysäuren, Fettsäuren, organischen Basen (z. B. Cholin), Indol, Skatol, Phenol, Aminen, Merkaptanen, Schwefelwasserstoff, Kohlendioxyd u. a. abgebaut werden. Ein Teil der zuletzt genannten Verbindungen ist leicht flüchtig und verursacht „fauligen“ Geruch. Freier Stickstoff wird nicht unmittelbar bei der Fäulnis gebildet, sondern nur bei Gegenwart von Nitraten oder Nitriten in Fäulnisgemischen abgespalten („Denitrifikation“). Der Abbau der Eiweißkörper schreitet bei Luftabschluß nur bis zur Bildung noch ziemlich hoch zusammengesetzter organischer Verbindungen fort; erst bei Sauerstoffzutritt, d. h. durch Oxydation, werden gewöhnlich jene Zwischenprodukte (z. B. Aminosäuren, Fettsäuren) weiter zerstört. Infolge des Überschusses an Ammoniak ist die Reaktion des schließlich entstandenen Körpergemisches in der Regel alkalisch.

Bei reichlichem Vorhandensein von Kohlenhydraten (z. B. Zellulose, Stärke, Zucker, Gummarten, Pektinstoffe), fettsauren Kalksalzen u. a. nennt man die meistens bei beschränktem Luftzutritt stattfindenden, durch lebhaften Gärungs- und Fäulnisvorgänge (Kohlendioxyd, Methan, Wasserstoff u. a., häufig verbunden mit Schaumbildung) und das Auftreten von Alkoholen und organischen Säuren (z. B. Essig-, Butter-, Milchsäure) gekennzeichneten Zersetzungen *Gärung*. Die organischen Säuren bedingen gewöhnlich eine saure Reaktion des Körpergemisches. Eine vollständige Umwandlung der Kohlenhydrate (und ebenso der Fette) erfolgt nur bei Gegenwart von Sauerstoff; sie werden zu Kohlendioxyd und Wasser oxydiert („verbrannt“).

Auch bei der Zersetzung des Harnstoffs, der Hippursäure, der Harnsäure und der Purinbasen, die schließlich Kohlendioxyd und Ammoniak ergeben, spielt immer der Sauerstoff eine wichtige Rolle.

Die geschilderten Zersetzungserscheinungen, die keineswegs durch scharfe Grenzen voneinander getrennt sind, sondern zahlreiche Übergänge (z. B. Vermoderung und Verrottung) zeigen, werden durch *Mikroorganismen* (Bakterien, Pilze, Protozoen u. a.) hervorgerufen oder beschleunigt³⁾. Bei den Veränderungen der organischen Stoffe, welche diese Kleinwesen infolge ihrer Lebenstätigkeit (Atmung) bewirken, bedienen sie sich als Hilfsmittel der *Fermente* (*Enzyme*). Die Fermente geben als „Katalysatoren“ den Kleinwesen die Kräfte, die verschiedenen chemischen Verbindungen anzugreifen, in Lösung zu bringen, hydrolytisch zu spalten, zu vergären, zu reduzieren, zu oxydieren usw. Durch Säuren und Alkalien in größeren Mengen, durch Protoplasmagifte (z. B. Schwefelwasserstoff, Sublimat, Phenol, Alkohol) und durch die Anhäufung von

¹⁾ Aus der Preuß. Landesanstalt für Wasserhygiene (Chemische Abteilung).

²⁾ E. Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen, Heidelberg 1897.

³⁾ W. Aruse, Allgemeine Mikrobiologie, Leipzig 1910.

Zersetzungsprodukten, ferner durch gegenseitige Schädigung werden die Fermente gehemmt bzw. gestört. Gewisse Metallsalze (z. B. des Eisens und des Mangans) fördern die Fermentwirkung. Je nach ihrer spezifischen Wirkung unterscheidet man *esterspaltende* Fermente, welche die Fette, *peptidspaltende*, welche die Eiweißkörper, und *acetal-spaltende*, welche die Kohlenhydrate abbauen. Außer diesen Hauptgruppen, die in erster Linie die Zersetzung hochmolekularer Verbindungen bewirken, kennt man z. B. Amidasen, die aus Amiden Ammoniak abspalten, Alkoholasen, die Alkohole zu Fettsäuren oxydieren, während die Fermentwirkung bei anderen Oxydations- und bei Reduktionsvorgängen noch umstritten ist.

Entsprechend den durch die Gegenwart oder Abwesenheit von Luftsauerstoff gekennzeichneten Vorgängen hat man häufig auch die Mikroorganismen nach ihrem Sauerstoffbedürfnis in „aerobe“, „anaerobe“ und außerdem noch „fakultativ anaerobe“ eingeteilt; letztere sollen mit oder ohne Sauerstoff leben können. Scharfe Grenzen gibt es jedoch auch hier nicht.

Einen besonderen Fall der Zersetzung organischer Stoffe stellen die in den *Abwässern des menschlichen Haushalts, der Städte und zahlreicher Gewerbebetriebe* sich abspielenden Vorgänge dar. Die genannten Abwässer enthalten, von den menschlichen Ausscheidungen, vom Wasserverbrauch für hauswirtschaftliche und öffentliche Zwecke, von Abgängen der Gewerbebetriebe (z. B. Schlachthöfe, Gerbereien, Brauereien, Molkereien, Stärkefabriken) herrührend, ungelöste („suspendierte“), kolloid und wirklich gelöste Schmutzstoffe organischer Natur, deren Verhalten schon mit Rücksicht auf die Gesundheit des Menschen eingehend untersucht worden ist⁴⁾. Hierbei hat sich gezeigt, daß die Zersetzungserscheinungen dieser Stoffe ebenfalls durch von den Abwässern mitgeführte Bakterien u. a. Klebewesen (z. B. Schimmelpilze, Hefen, Flagellaten, Ciliaten, Rädertiere, niedere Würmer), unter Mitwirkung bzw. Bildung von Fermenten (Enzymen), hervorgerufen und durch die Gegenwart oder Abwesenheit von Luftsauerstoff beeinflusst werden.

Läßt man ein rohes Abwasser mit seinen ungelösten Schmutzstoffen (z. B. Fäkalien, Papier, Küchenabfällen, Holzteilen, tierischen und pflanzlichen Fasern, Straßenkehricht, gewerbliche Abgänge) längere Zeit in Berührung, so finden in den als Schlamm abgelagerten Sinkstoffen bei völligem Luftabschluß *Fäulnis- und Gärungsvorgänge* statt. Durch die hierbei reichlich entwickelten Gase, besonders Kohlendioxyd und Methan, wird der abgelagerte Schlamm an die Was-

seroberfläche emporgehoben und sinkt nach Austritt der Gase z. T. wieder unter. Auf diese Weise bilden sich meistens allmählich zwei Schichten aus, eine spezifisch schwerere Sinkschicht und eine spezifisch leichtere Schwimmschicht. Zwischen ihnen kann man das flüssige Abwasser zeitweilig stillstehen oder auch ununterbrochen langsam durchfließen lassen. Es wird hierbei ständig in seiner Zusammensetzung verändert. Insbesondere werden in ihm *kolloid gelöste organische Stoffe* (z. B. Eiweißkörper, Stärke, Leim-, Gelatine-, Gummiarten, Gerbstoffe) teils flockig ausgeschieden, teils verflüssigt und in wahre Lösung gebracht oder vergast. Ihre Menge nimmt also ab. Andererseits werden durch die fortschreitende Zersetzung der Sinkschicht dem flüssigen Abwasser dauernd organische Stoffe in kolloider Form zugeführt. Durch diese sich wiederholenden Vorgänge, die je nach der Art des Abwassers mehr die Merkmale der *Fäulnis* (fauliger Geruch, alkalische Reaktion) oder der *Gärung* (Schäumen, saure Reaktion) erkennen lassen, wird ein erheblicher Teil der ungelösten organischen Stoffe „verzehrt“, d. h. in eine wasserärmere, nicht mehr zersetzungs-fähige, humusähnliche Masse umgewandelt. Von *Fermenten*, die zum Teil mit den oben genannten Abfallstoffen in das Abwasser gelangen, zum Teil von den Mikroorganismen fort-dauernd neu gebildet werden, sind in rohen und gefaulten Abwässern hauptsächlich Kohlehydrate (z. B. Diastase, Maltase) und Eiweißkörper (z. B. Trypsin, Pepsin) abbauende nachgewiesen worden, während fettspaltende (z. B. Lipase) sich seltener und gewöhnlich nur in sehr geringer Menge finden⁵⁾. Die wirklich gelösten oder aus dem kolloiden Zustande in wahre Lösung übergeführten organischen Stoffe werden durch die geschilderten Vorgänge nur zu einem Bruchteil umgewandelt. Der Sauerstoffmangel verhindert ihre vollkommene Zersetzung. Im Wasser gelöste sauerstoffhaltige Mineralsalze (z. B. Nitrate, Sulfate) werden meistens zu Ammoniak, Stickstoff⁶⁾, Schwefelwasserstoff reduziert.

Man nennt ein offenes Becken oder eine geschlossene Kammer, in denen man eine derartige Aufspeicherung des Abwassers zum Zwecke der Reinigung vornimmt, einen *Faulraum*. Solche Anlagen waren früher wegen der bequemen Schlammbehandlung vielfach sehr beliebt. Heute werden sie in größerem Maßstabe verhältnismäßig nur noch selten gebaut, weil die bei ihnen

⁵⁾ Guth und Feigl, Gesundheits-Ingenieur 1912, Bd. 35, S. 21.

⁶⁾ Nach neueren Untersuchungen von Groenewege (Mededeelingen uit het Geneeskundig Laboratorium te Weltevreden, Java 1920) kann Ammoniak schon bei Zutritt sehr geringer Mengen von Luftsauerstoff durch die Tätigkeit nitrifizierender Bakterien zu Nitrit oxydiert und aus letzterem unter dem Einfluß denitrifizierender Bakterien gasförmiger Stickstoff frei gemacht werden.

⁴⁾ Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage, 2. Aufl., München-Berlin 1912; Schmidtmann, Thumm und Reichle, Beseitigung der Abwässer und ihres Schlammes (im Handbuch der Hygiene, hrsg. von Trübner, v. Gruber und Ficker, Bd. II, Abteil. 2), Leipzig 1911.

auftretenden Zersetzungserscheinungen, wie bereits angedeutet, starke Geruchsbelästigungen zur Folge haben und ihre Abflüsse bei der Einleitung in stehende oder fließende Gewässer („Vorfluter“) auf das Organismenleben der letzteren nachteilig, z. B. durch Sauerstoffentziehung, Schwefelwasserstoff- und Kohlendioxydanreicherung, wirken können.

Zur Ausscheidung der ungelösten Schmutzstoffe, die bei den neuzeitlichen Verfahren der Abwasserreinigung zunächst vorgenommen wird, benutzt man deshalb gewöhnlich Absieb- und Absetzanlagen, die bei kürzerem Aufenthalt des Abwassers und ständiger Entfernung der schlammbildenden Stoffe keine Zersetzungserscheinungen aufkommen lassen. Der bei solchen Absetzanlagen („Frischwasserkläranlagen“) selbsttätig oder durch einen einfachen Bedienungsvorgang vom Abwasser getrennte Schlamm wird häufig in besonderen Schlammzersetzeanlagen, die ebenfalls unter „biologischer“ Einwirkung arbeiten, in eine leicht wasserabgebende, nicht mehr fäulnis- und gärunsfähige, humusähnliche Masse übergeführt.

Eine weitgehende Entfernung oder Umwandlung der (kolloid und wirklich) gelösten organischen Stoffe der Abwässer kann, wie die Erfahrung gezeigt hat, nur bei Gegenwart von Sauerstoff bewirkt werden. Bei den seit über fünfzig Jahren bewährten, besonders zur Reinigung städtischer Abwässer angewendeten Verfahren dieser Art, leitet man das Abwasser auf durchlässigen natürlichen Boden (Rieselfelder, intermittierende Bodenfilter) oder über künstlich aus grob- oder feinkörnigen Materialien (z. B. Schlacke, Kohle, Koks, Stein- schlag) aufgeschichtete „biologische Körper“. Ihre Wirkung beruht auf verschiedenen Erscheinungen. Rein physikalisch ist die zurückhaltende Wirkung solcher natürlichen oder künstlichen Filter auf die — nach vorhergehender Behandlung in Absetzanlagen — noch ungelösten (fein suspendierten) Stoffe des Abwassers. An diesen Stoffen haften Bakterien sowie höher organisierte Pflanzen und Tiere. Sie überziehen allmählich die Oberflächen bzw. die obersten Schichten der Filter mit einem schleimigen organischen Besatz („biologischer Rasen“), der, auch wenn die Lebewesen abgetötet sind oder wenn die Luft nicht Zutreten kann, die kolloid gelösten und den größten Teil der wirklich gelösten organischen Stoffe ausscheidet und adsorbiert bzw. chemisch in den Filtern bindet. Die eigentliche Reinigung des Abwassers in derart eingearbeiteten („reifen“) Filtern, die im übrigen nur wenige Minuten dauert, ist also vorwiegend ein physikalisch-chemischer Vorgang. Nach dem Durchfluß des Abwassers werden die zurückgehaltenen und die adsorbierten bzw. chemisch gebundenen organischen Stoffe durch die Tätigkeit von luftbedürftigen („aeroben“) Kleinwesen, unter Beteiligung vorhandener oder neu gebildeter Fer-

mente (außer den oben erwähnten auch Oxydase, z. B. Laktase), verarbeitet und mehr oder weniger weitgehend oxydiert. Die Filter nehmen auf diese Weise die Eigenschaften an, die sie zur Reinigung neuer Abwassermengen geeignet machen. Ihre Wiederherstellung („Regenerierung“) dauert im Gegensatz zur Abwasserreinigung längere Zeit, mitunter einige Stunden. Ohne jene ist diese auf die Dauer nicht möglich.

Das Ergebnis der natürlichen oder künstlichen „biologischen“ Reinigung besteht darin, daß der gesamte organisch gebundene Schwefel in Schwefelsäure bzw. Sulfate übergeht, der Kohlenstoff zum größten Teil in Kohlendioxyd, das gasförmig oder gelöst entweicht, umgewandelt wird, zum kleineren Teil als humusartige Masse in den Filtern zurückbleibt, während der Stickstoff teils als organischer Stickstoff, teils als Ammoniak, teils als gebundene salpetrige und Salpetersäure⁷⁾ in Lösung geht, ein weiterer Teil von ihm wieder Humus bildet, der Rest als elementarer Stickstoff entweicht. Die fäulnis- und gärunsfähigen Abwasserbestandteile werden also beseitigt oder umgewandelt. Bei den Rieselfeldern, die zum Unterschied von den intermittierenden Bodenfiltern (Staufiltern) eine landwirtschaftliche Ausnutzung der durch die Oxydation der Abwässer gebildeten Nährsalze (Nitrate u. a.) gestatten, kommt die Zurückhaltung von Bakterienkeimen hinzu; letztere wird bei der Abwasserreinigung heute nicht mehr als wesentlich angesehen. Durch die Anhäufung fester Ausscheidungsprodukte („Humus“) kann, namentlich bei unterbrochenem Betriebe, in kürzerer oder längerer Zeit eine Verstopfung der Filter eintreten. Dieser Nachteil zeigt sich z. B. bei den eine gewisse Zeit lang mit Abwasser völlig angefüllten und dann entleerten künstlichen „biologischen Füllkörpern“, die während des Vollstehens das Abwasser reinigen und erst nach erfolgter Entleerung bei Luftzuführung sich wiederherstellen. Er macht eine zeitweilige Spülung bzw. Erneuerung des Filtermaterials erforderlich. Im Gegensatz hierzu stoßen die künstlichen „biologischen Tropfkörper“, durch die das Abwasser in ununterbrochenem Betriebe fein verteilt durchtropft, die erwähnten ungelösten Stoffe in ihren Abflüssen ständig ab; man hat nur dafür zu sorgen, daß diese Stoffe hinterher in Absetzanlagen aufgefangen werden.

Die „biologische“ Tätigkeit in den beschriebenen Filtern ist außer von der Luftzufuhr bis zu einem gewissen Grade von der Temperatur ab-

⁷⁾ Die Nitrate, die Endprodukte der Umsetzung organisch gebundenen Stickstoffs vermitteln bei Gegenwart von Bakterien den Sauerstoffaustausch zwischen hochoxydierten und oxydierbaren organischen Verbindungen. Sie verhindern insbesondere durch Oxydation des organisch gebundenen Schwefels die Entstehung von Fäulnisprodukten (Schwefelwasserstoff usw.). Aus diesem Grunde sind sie wiederholt zur Behandlung von Abwässern und Schlamm vorgeschlagen worden. (Weldert, Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1910, H. 13, S. 98.)

hängig. Bei höheren Wärmegraden (im Sommer und bei tropischem Klima) ist sie im allgemeinen ausgeprägter als bei niedrigeren (im Winter und bei gemäßigtem Klima). Durch Gifte und solche Bestandteile, welche die Kleinwesen schwächen oder gar ganz abtöten (z. B. freie Mineralsäuren, freie Alkalien, Ätzkalk, Chrom-, Kupfer-, Quecksilbersalze, Phenole), kann sie gehemmt oder aufgehoben werden.

Da der Luftsauerstoff, wie mehrfach hervorgehoben, bei allen Zersetzungen organischer Stoffe eine wesentliche Rolle spielt, hat man sowohl in Deutschland als auch in England und Amerika seit jeher versucht, ihn *allein* zur Oxydation der organischen Stoffe der Abwässer zu verwenden. Durch Vorrichtungen und Maßnahmen der verschiedensten Art, z. B. Rührvorrichtungen, Einpressen von Luft, Gradierwerke, Sprühapparate, wollte man Abwasser mit gelöstem, die organischen Verbindungen angreifenden Sauerstoff anreichern⁸⁾. Abgesehen von der rein mechanischen Beseitigung flüchtiger Riechstoffe (Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Amine u. a.) durch Verdunstung, haben diese Bestrebungen zu keinem praktisch verwertbaren Ergebnis geführt. Erst als man durch Erforschung der biologischen Reinigungsverfahren die Bedingungen für den Abbau der organischen Stoffe des Abwassers genauer kennen gelernt hatte, wurden mit Erfolg neue Versuche aufgenommen.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß bereits 1901 der leider zu früh verstorbene deutsche Ingenieur *Mairich*⁹⁾ in Ohrdruf bei Gotha eine Abwasserreinigungsanlage errichtet hat, bei der in das durch Grobrechen und Sandfang vorgereinigte Abwasser Druckluft eingeblasen wurde, um die in dem Abwasser befindlichen Schlammstoffe zu zertrümmern und bei der nachfolgenden Aufstauung des Abwassers in Klärbrunnen (mit zunächst abwärts, dann aufwärts gerichteter Bewegung) als „schwebendes Filter“ zu benutzen. Das geklärte Abwasser wurde auf einer mit zahlreichen feinen Löchern versehenen, aus imprägniertem Holz hergestellten Bühne nochmals belüftet und in Tropfenform über Grobsand- bzw. Kiesfilter geleitet. Hierbei wirkten „Algen“ mit. Das abfließende Abwasser war fast klar, farblos und roch nur sehr wenig.

Im Jahre 1913 berichteten der amerikanische Chemiker *H. W. Clark*¹⁰⁾ und seine Mitarbeiter *G. O. Adams* und *St. de M. Gage* über planmäßige Belüftungsversuche, die sie in den vorhergehenden Jahren in der Abwasserversuchsstation des Staates Massachusetts in Lawrence ausgeführt hatten. Hierbei sollten ursprünglich die Bedin-

gungen festgestellt werden, unter denen das Fischleben in verunreinigten Gewässern erhalten bzw. erleichtert werden könnte. Sie hatten gefunden, daß bei Anwesenheit von *Grünalgen* einerseits eine merkliche Klärung, andererseits eine Anreicherung der unreinen Wässer mit Sauerstoff erzielt wurde, wenn sie Luft mehrere Stunden lang durch das Wasser preßten. Auch als Hilfsmittel bei der Abwasserreinigung erwies sich die *Belüftung*, indem ein mit Preßluft bei Gegenwart von Grünalgen und ohne diese behandeltes Abwasser bei nachheriger Filtration durch Sand oder über einen Tropfkörper aus Steinschlag bessere Abflüsse ergab als ein nicht belüftetes Abwasser. Es wurde von den gleichen Verfassern¹¹⁾ beobachtet, daß *fortgesetzte* Belüftung und Berührung mit Schieferplatten in einem Behälter im Abwasser Veränderungen hervorrief, die im wesentlichen auf „Algenwachstum“ beruhten, und daß eine Reinigung des Abwassers um so schneller erfolgte, je größer die Ansatzflächen für die Algen waren. Der entstehende Schlamm war geruchlos und leicht zu entwässern.

Etwa gleichzeitig mit diesen Versuchen stellten die Engländer *G. J. Fowler* und *E. M. Mumford*¹²⁾ an der Universität Manchester Versuche an, um die künstlichen biologischen Körper von vorher flockig ausgeschiedenen (kolloiden) Stoffen zu entlasten. Sie leiteten zu diesem Zwecke in einer Absetzanlage vorgeklärtes Abwasser in einen zweiten Behälter, in dem es mit einer Bakterienkultur, die sich in der Natur in Tümpeln und Kohlengruben mit eisenhaltigem Wasser vorkommt, geimpft und mit einer geringen Menge Eisensalz (Ferrisulfat) versetzt wurde. Wurde in dieses Gemisch Luft eingeblasen, so trat eine Ausflockung ein. In einem dritten Behälter wurde das Abwasser wieder geklärt und dann entweder auf biologischen Körpern nachbehandelt oder unmittelbar dem Vorfluter übergeben.

Diese Versuchsanordnung, die *Fowler* nach einer Besichtigung der Lawrence Station im Herbst 1912 auf Grund seiner eigenen Versuche ausgebaut haben soll, bildet die Grundlage eines neuen Abwasserreinigungsverfahrens, nämlich der *Ausscheidung bzw. Umwandlung gelöster organischer Stoffe durch Belüftung des Abwassers bei Gegenwart von Kleinwesen* ohne Verwendung von Filtern und ähndlichen Körpern.

Die Engländer *Ed. Arden* und *W. T. Lockett*¹³⁾ veröffentlichten in den Jahren 1914 ff. die Ergebnisse ihrer unter Leitung von *Fowler* durchgeführten Versuche. Hiernach hat der bei völliger Oxydation von Abwasser unter den oben geschilderten Umständen erhaltene Rückstand an festen Stoffen, den sie mit dem Ausdruck „akti-

⁸⁾ *J. König*, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Aufl., Berlin 1899, Bd. 1, S. 235 ff.

⁹⁾ *Salomon*, Die städtische Abwasserbeseitigung in Deutschland, Jena 1907, Bd. 2, S. 116.

¹⁰⁾ *Engineering Record* 1913, Bd. 67, S. 715. (Auszug aus dem 45. Jahresbericht des Gesundheitsamtes des Staates Massachusetts).

¹¹⁾ *Engineering Record* 1914, Bd. 69, S. 158; 1915, Bd. 71, S. 367 (Auszug aus dem 46. Jahresbericht des Gesundheitsamtes des Staates Massachusetts).

¹²⁾ *Surveyor* 1913, Bd. 44, S. 287.

¹³⁾ *Journ. of the Soc. Chem. Ind.* 1914, Bd. 33, S. 523; 1915, Bd. 34, S. 937; 1917, Bd. 36, S. 264; 1920, Bd. 39, S. 60.

vierter“ Schlamm („activated sludge“) belegten, die Eigenschaft, beim Zusammenbringen mit frischem Abwasser (4—6fache Menge) dessen Oxydation durch einfache Belüftung ganz bedeutend zu beschleunigen. Die Geschwindigkeit und der Grad dieser Wirkung hängen ab von der innigen Mischung des Abwassers mit dem „aktivierten“ Schlamm, ferner von der Reaktion des Abwassers, die schwach alkalisch gehalten werden muß, und der Temperatur. Unter 10°C wird die Reinigungswirkung erheblich vermindert, bis zu $20\text{--}24^{\circ}$ bleibt sie ohne wesentliche Unterschiede, darüber wird sie zunächst etwas gehemmt, nimmt aber dann wieder zu. Die Dauer der Belüftung richtet sich nach der Konzentration des Abwassers und dem zu erzielenden Reinheitsgrade. Unter den angegebenen Bedingungen konnte ein Abwasser von mittlerer Konzentration, wie das von Manchester, in 6 bis 9 Stunden gut gereinigt werden. Der „aktivierte“ Schlamm unterscheidet sich wesentlich nach Art und Zusammensetzung von frischem und von gefaultem Abwasserschlamme; er ist geruchlos und besitzt einen verhältnismäßig hohen Stickstoffgehalt (4—6 % in getrocknetem Zustande).

Während die wissenschaftlichen Grundlagen des Verfahrens hauptsächlich in England von Fowler und seinen Schülern bearbeitet wurden, ging man in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Canada bald an seine technische Ausgestaltung und baute Versuchsanlagen in größerem und größtem Umfange, z. B. außer in Lawrence in Baltimore, Milwaukee (Wisconsin), Chicago, Montana (Illinois), Cleveland (Ohio), Brooklyn, Houston (Texas), Regina und Toronto (Canada). In Milwaukee ist nach mehrjährigen Vorarbeiten unter Leitung des Oberingenieurs Hatton¹⁴⁾ die bis jetzt größte Anlage für 600 000 bis 700 000 Einwohner (täglich 300 000—500 000 Kubikmeter Abwasser) mit einem Kostenaufwand von über 5 Millionen Dollar im Bau begriffen. In England werden Versuchsanlagen außer in und bei Manchester in Salford, Sheffield u. a. erprobt.

Nach den Versuchsergebnissen und praktischen Erfahrungen in England und Amerika¹⁵⁾ beruht das Verfahren der Abwasserreinigung mit „aktiviertem“ Schlamm auf den gleichen Erscheinungen wie die oben beschriebenen biologischen Verfahren. Die Reinigung des Abwassers wird durch Adsorptions- und chemische Kräfte bewirkt, deren Erschöpfung durch Mikroorganismen

bei Gegenwart von Luftsauerstoff verhindert wird. Der organische Besatz („biologischer Rasen“), der bei den natürlichen oder künstlichen Filtern auf den Sandkörnern oder sonstigen Materialbrocken sich festsetzt, schwebt als „Flocken“ im fließenden Abwasser und wird von Luftbläschen getragen. Er bildet eine lockere, schwammartige, braun gefärbte Masse, die infolge ihrer sehr großen Oberfläche Gase, Kolloide, Bakterien u. a. festhält und wie ein „schwebendes Filter“ aus dem Abwasser entfernt. Die Luft ist notwendig, einmal, um die aeroben Bedingungen für die Kleinwesen zu erhalten, ferner für die Bewegung des Abwassers, d. h. damit die „Flocken“ in der Schwebe bleiben und sich nicht absetzen. Für den ersten Zweck werden nur etwa 5—10 % des in der zugeführten Luft enthaltenen Sauerstoffs verbraucht. Die für die Bewegung des Abwassers erforderliche Luftmenge ist dagegen sehr groß. Man muß in dem Belüftungsbecken, dessen Sohle quer zur Durchflußrichtung des Abwassers in rechteckig trichterartige Vertiefungen mit eingelegten Luftverteilungsplatten („Filtros“-Platten) aufgelöst ist, so viel Bewegung in das Abwasser bringen, daß die schwereren ungelösten Stoffe sich nicht absetzen und die Platten verstopfen können. Selbst wenn man das Abwasser vorher durch feine Rechen oder Siebe von einem Teil der ungelösten Stoffe befreit hat, soll die Menge der aus Kreiselgebläsen u. a. durch Rohre zugeführten Preßluft (etwa 0,5 at) nicht unter 0,3 cbm/Minute auf 1 qm Verteilungsplatte betragen.

Der Bedarf an Luft hängt hauptsächlich ab von der Beschaffenheit des Rohabwassers, von dem gewünschten Reinheitsgrad des abfließenden Abwassers, von der Belüftungszeit, der Temperatur und der Menge des zur „Aktivierung“ wieder zu verwendenden Schlammes. Ein stark verschmutztes Abwasser braucht natürlich mehr Luft als ein verdünntes, weniger infolge der größeren Menge der gelösten organischen Stoffe, die oxydiert werden müssen, als wegen der größeren Menge der Kolloide, die eine größere Oberfläche der „Flocken“ mithin entweder eine Vermehrung der letzteren oder eine Verlängerung der Zeit erfordern, während der die Ausflockung wirksam ist. Neben der Konzentration des Abwassers haben auch Trübungen, die Art der in ihm enthaltenen organischen Stoffe, die leicht oder schwer zersetzlich durch Sauerstoff sein können, ferner die Anwesenheit von Säuren, Alkalien, Eisensalzen u. a. eine erhebliche Bedeutung.

Der Reinheitsgrad des Abwassers, d. h. der Grad der Oxydation, steigt im allgemeinen mit der Luftzufuhr. Durch das Verfahren sollen bei normal zusammengesetzten Abwässern nicht nur die ungelösten Stoffe (bis etwa 95 %) entfernt, die kolloiden adsorbiert oder ausgefällt, sondern auch Bakterien (bis etwa 90 %) zurückgehalten und die gelösten organischen Stoffe

¹⁴⁾ Engineering News-Record 1920, Bd. 84, S. 990 ff. (Die Abwassermengen nordamerikanischer Städte sind infolge des hohen Wasserverbrauchs, auf die Einwohnerzahl berechnet, etwa 3- bis 5mal so groß wie diejenigen deutscher Städte, infolgedessen die Schmutzstoffe entsprechend mehr verdünnt.)

¹⁵⁾ H. P. Eddy, Journ. of the Western Soc. of Engineers 1921, Bd. 26, Nr. 7; übersetzt und eingeführt durch K. Imhoff, Gesundheits-Ingenieur 1922, Bd. 45, S. 13 ff. („Licht- und Schattenseiten der Abwasserreinigung mit aktiviertem Schlamm“).

bis zur Nitrifikation der Stickstoffverbindungen und damit zur Erzielung völliger Fäulnisunfähigkeit¹⁶⁾ umgewandelt werden. Man kann die Luftzufuhr auch beenden, bevor die Oxydation der gelösten organischen Stoffe und die Nitrifikation eintritt, muß sie aber immerhin so weit treiben, daß ein Schlamm von den oben erwähnten Eigenschaften gewonnen wird.

Bei verlängerter *Belüftungszeit* kann die Luftmenge innerhalb gewisser Grenzen herabgesetzt werden. In einer Zeit von 8 Stunden ist bei einem normal beschaffenen Abwasser nur etwa halb so viel Luft erforderlich als in einer Zeit von 4 Stunden. Kolloidreiche Abwässer brauchen im allgemeinen längere Belüftungszeiten (8 bis 12 und sogar 20 Stunden).

Der ungünstige Einfluß niedriger *Temperatur*, der sich z. B. im Winter bei starken Kältegraden oder vorübergehend bei Zufluß von Schneeschmelzwasser bemerkbar macht, kann bis zu einem gewissen Grade durch Zuführung größerer Luftmengen ausgeglichen werden.

Im allgemeinen kann man bei einer Anlage, bei der die Belüftung in ständig durchflossenen Becken von 3—4,5 m Tiefe 6 Stunden lang vorgenommen wird und bei der das Verhältnis der von den Luftverteilungsplatten eingenommenen Sohlenfläche zur ganzen Sohlenfläche 1:6 beträgt, auf 1 cbm durchfließendes Abwasser von dünner häuslicher Beschaffenheit¹⁷⁾ 7,5 cbm (1,25 cbm/Std.), auf 1 cbm städtisches Abwasser je nach der Konzentration und der Art gewerblicher Beimengungen 11 bis 30 cbm (1,83 bis 5 cbm/Std.), auf 1 cbm Schlachthofabwasser 30 cbm (5 cbm/Std.), auf 1 cbm durch Absetzen vorgereinigtes Gerbereiabwasser 45 cbm (7,5 cbm/Std.) *Gesamtluftverbrauch* rechnen.

Für Großbetrieb hat sich ähnlich wie bei den biologischen Körpern das Verfahren der *ununterbrochenen* Belüftung des Abwassers und des Schlammes besser bewährt, als das ursprünglich in England geübte Verfahren der abwechselnden Füllung und Entleerung („fill and draw“) des Belüftungsbeckens. Das Gemisch von Schlamm und Abwasser gelangt aus dem Belüftungsbecken in *Absetzbecken* mit geneigter Sohle, wo der Schlamm während ein- bis zweistündiger Durchflußzeit des Abwassers sich absetzt und verdichtet. Das Abwasser soll die Absetzbecken in klarem, geruchlosem und fäulnisfreiem Zustande verlassen. Der abgesetzte Schlamm, der je nach der Belüftung einen Wassergehalt von 97 bis 99 % besitzt, muß, um seine „Aktivität“ nicht zu verlieren und nicht in Fäulnis überzugehen, so rasch als möglich entfernt werden. Ein Teil von ihm (etwa 20—50 %) wird entweder unmittelbar in den Abwasserzulauf zurückgepumpt oder vorher in einem besonderen Behälter nochmals belüftet oder endlich nach der Wiederbelüftung in einem weiteren Becken vor dem Zusatz

zum Abwasser verdichtet. In der richtigen *Zuteilung des rückbeförderten („aktivierten“) Schlammes* zu den Belüftungsbecken liegt, abgesehen von der Belüftung selbst, der Schwerpunkt der Betriebsüberwachung¹⁸⁾.

Der *überschüssige* Schlamm muß beseitigt werden. Seine Menge ist bedeutend größer als bei allen anderen Reinigungsverfahren. Für amerikanische Verhältnisse berechnet, beträgt sie etwa das Doppelte der bei chemischer Fällung, das Vierfache der bei Absetzanlagen (mit Frischschlammgewinnung), das Zwanzigfache der bei Faulräumen, bei „Frischwasserkläranlagen“ und bei biologischen Tropfkörpern (in den Nachklärbecken) entstehenden Schlammmenge. Um den hohen *Wassergehalt* zu vermindern, hat man versucht, den Schlamm auf dränierten, d. h. mit Sickerröhren versehenen Sandbeeten zu behandeln oder ihn in großen Teichen oder auch in Absetzbecken aufzuspeichern. Die Ergebnisse waren jedoch nicht befriedigend. Eingeführt, jedoch nicht voll bewährt hat sich bei den amerikanischen Anlagen die Entwässerung des „aktivierten“ Schlammes in *Filterpressen*. Letzterer wird vorher mit Schwefelsäure leicht angesäuert, um seine von Natur schleimige Beschaffenheit zu verändern. Man erhält so Preßkuchen mit 70—80 % Wassergehalt und vermehrten Ammoniakgehalt, die zusammen mit Rückständen der Feinrechen oder -siebe in Drehtrommeln durch Hitze weiter getrocknet (bis etwa 10 % Wassergehalt), in Säcke gefüllt und als Düngemittel verkauft werden. Der Verkauf des gesäuerten, gepreßten und getrockneten Schlammes soll teilweise die Kosten des Betriebes, vielleicht ganz die der Entwässerung und Trocknung des Schlammes decken. Als besondere Vorteile des Verfahrens werden außer dem Düngwert des Schlammes der geringe Bedarf an Platz und Gefälle und die gute und gleichmäßige Reinigung des Abwassers gerühmt.

In englischen wie in amerikanischen Fachkreisen hat das Verfahren der Abwasserreinigung durch „aktivierten“ Schlamm jedenfalls begeisterte Anhänger gefunden. Man legt besonderen Wert auf den Stickstoffgehalt dieses Schlammes. *Fowler* selbst nimmt an, daß auf biologischem Wege¹⁹⁾ der Stickstoff der Luft an die Schlammsubstanz gebunden werden kann und verspricht sich von dem Verfahren eine Umwälzung der Stickstoffwirtschaft der ganzen Welt. Ferner rechnet er mit einer stärkeren Ausnutzung der mit Stickstoff angereicherten geklärten Abflüsse der Anlagen zu Rieselszwecken.

Für deutsche Verhältnisse ist das Verfahren infolge der durch die zahlreichen Einrichtungen

¹⁸⁾ *Hatton*, l. c.

¹⁹⁾ Nach Versuchen von *Richards* und *Sawyer* (*Journ. of the Soc. Chem. Ind.* 1922, Bd. 41, S. 62) beruht der Stickstoffgehalt des „aktivierten“ Schlammes auf der ungeheuren Zahl der darin enthaltenen Protozoen (1 Million auf 1 cem feuchten Schlamm), die Ammoniak aufnehmen.

¹⁶⁾ Vgl. Fußnote 7.

¹⁷⁾ Vgl. Fußnote 14.

bedingten hohen Anlage- und Betriebskosten zurzeit nicht verwendbar²⁰⁾. Die Stickstoffgewinnung aus der Luft haben wir billiger auf chemischem Wege²¹⁾. Solange das Verfahren auch ohne diese Schlammverwertung nicht vereinfacht und verbilligt werden kann, dürfte es bei uns kaum als *wirtschaftlich* brauchbarer Ersatz für die anderen biologischen Verfahren in Frage kommen. Eine Vereinfachung und Verbilligung ist jedoch, wie die Amerikaner selbst zugeben²²⁾, wünschenswert bei der Belüftung des Abwassers zum Zwecke der Bewegung und bei der Entwässerung des Schlammes. Erstere könnte durch mechanische Bewegung des Abwassers ergänzt werden, wobei nur soviel Luft zugesetzt wird, als erforderlich ist, um die aeroben Bedingungen zu erhalten. Eine Verbesserung der Behandlung des überschüssigen Schlammes wäre hauptsächlich durch Verminderung seiner Menge und durch Veränderung seiner Beschaffenheit anzustreben, wobei unseres Erachtens die Frage der Verwertung in den Hintergrund zu treten hätte. Von Fortschritten in dieser Beziehung wird voraussichtlich die weitere Entwicklung des Verfahrens abhängen. Ein Abwasserreinigungsverfahren, bei dem namentlich die Schlammfrage nicht befriedigend gelöst werden kann, hat sich nach den bisher in Deutschland gemachten Erfahrungen bei der Anwendung im großen gewöhnlich nicht bewährt.

Studien über die Bewegungsphysiologie niederer Organismen.

Von P. Metzner, Berlin-Dahlem.

(Schluß.)

c) Die Geschwindigkeit der Cilienbewegung¹⁾.

Wir besitzen verhältnismäßig wenig sichere Angaben über die Schnelligkeit der Cilienbewegung. So gibt z. B. Prowazek (1900) für *Euglena* 67,2, für *Monas* 78, *Polytoma* 29, *Oikomonas* 14 Schläge in der Minute an. Daß diese Zahlen zu niedrig sind, läßt sich bereits aus der Tatsache entnehmen, daß im Dunkelfeld in der Regel nicht die Geißel selbst, sondern nur der von ihr durchschwungene Raum zu sehen ist aus demselben Grund, aus dem eine rasch geschwungene glühende Kohle einen leuchtenden Kreis vortäuscht. Damit ein homogener „Lichtraum“ entsteht, müssen etwa 10 Umdrehungen oder Schläge in der Sekunde erfolgen; einen Anhaltspunkt gewinnt man auch aus der Beobachtung Buders (1915), daß auf Momentaufnahmen ($\frac{1}{25}$ sec) von *Chromatium Okeni* im Dunkelfeld so daß in dieser Zeit mindestens ein Umgang

vollendet worden sein muß. Genauere Messungen sind von Metzner (1920) auf stroboskopischem Wege vorgenommen worden, freilich mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft und nur an günstigen Objekten durchzuführen. Die Messungen erfolgen im Dunkelfeld; das von der Bogenlampe kommende Licht wird durch eine mit meßbarer Geschwindigkeit rotierende Schlitzscheibe rhythmisch abgeblendet. Arbeitet die Cilie physikalisch exakt, so muß bei Gleichheit von Schlag- und Lichtfrequenz scheinbar Stillstand eintreten. Die mannigfachen, zu Täuschungen Anlaß gebenden Nebenerscheinungen erfordern besondere Berücksichtigung.

Im folgenden sind eine Anzahl von Ergebnissen (zum Teil auch bisher unveröffentlichte) zusammengestellt:

1. Rotierende Geißeln.

a) Geißelschöpfe.

<i>Chromatium Okeni</i>	40—60 Umdr./sec.
<i>Spirillum volutans</i>	37—40 „
<i>tenue</i>	75—90 „

b) Einzelgeißeln.

<i>Uroglena volvox</i>	36—40 „
<i>Anthophysa vegetans</i>	86—40 „

2. Rudernde Cilien.

a) Ruderwimpern

von <i>Hexamitus crassus</i>	2—3 Schläge/sec.
------------------------------------	------------------

b) Körperwimpern

von <i>Opalina ranarum</i>	13 „
<i>Paramaecium caudatum</i>	10—11 „
<i>Spirostomum ambiguum</i>	10—11 „
<i>Colpidium colpoda</i>	10 „

c) Flimmerepithel vom Frosch²⁾

13—17 „

d) Peristomwimpern

von <i>Paramaecium caudatum</i> ...	22—28 „
<i>Vorticella convallaria</i>	28 „
<i>Stylonychia mytilus</i>	28 „
<i>Stentor coeruleus</i>	28 „
<i>Epistylis plicatilis</i>	24—27 „

e) Spermatozoiden

<i>Adiantum cuneatum</i>	20 „
--------------------------------	------

Beim Vergleich der Zahlen fällt zunächst auf, daß die rotierenden Geißeln bedeutend rascher arbeiten als die rudernden Cilien (offenbar besonders günstige mechanische Bedingungen!). Auch innerhalb der Ruderwimpern zeigen sich bemerkenswerte Unterschiede je nach der Organisationshöhe. Am langsamsten und unregelmäßigsten bewegen sich die vorderen Cilien von *Hexamitus* (ähnlich auch die Geißeln der Mastigamöben und ähnlicher Organismen). Dann aber lassen sich deutlich zwei Gruppen unterscheiden: die Körperwimpern holotricher Infusorien und das Flimmerepithel höherer Tiere einerseits, die Peristomcilien andererseits. Damit läuft parallel ein Unterschied im Hervortreten des Meta-

²⁰⁾ Bach, Wasser und Abwasser 1922, Bd. 17, S. 126.

²¹⁾ Diese Zeitschrift 1922, Bd. 10, S. 1041 ff.

²²⁾ Vgl. Fußnote 15.

1) III. Die normale Bewegung:

a) Die „rotierenden“ Cilien.

b) Die rudernden Cilien.

2) Die erste Bestimmung der Frequenz am Flimmerepithel wurde — auch auf einem stroboskopischen Wege — von Martias 1884 vorgenommen; die Methodik war jedoch noch unvollkommen und gab keine befriedigenden Resultate, führte aber zu ähnlichen Werten.

chronismus: während die Peristomwimpern streng metachron und in genau gleichem Rhythmus arbeiten und deshalb leicht optisch „stillzustellen“ sind, gelingt das bei den Körperwimpern nicht in dem Maße — es ist, als ob hier die einzelnen Cilien noch mehr von ihrer Autonomie bewahrt hätten. Ein physikalisches Bild kann die Verhältnisse vielleicht am ehesten klarstellen: bei den Peristomwimpern handelt es sich um schwingende Systeme mit enger Koppelung (also *erzwungener* Gleichheit), bei den Körperwimpern dagegen um lose Koppelung (die Raum für Eigenschwingungen läßt)³⁾. Damit mag wohl auch die verschiedene Geschwindigkeit zusammenhängen.

IV. Die Reizbewegungen.

Unter den Reizbewegungen niederer Organismen („Taxien“) sind wir besonders gut über die Reaktionen auf *chemische* Einflüsse hin unterrichtet. Den Ausgangspunkt für die systematische Erforschung der Chemotaxis bildete die Beobachtung, daß die Spermatozoiden der Farne mit Sicherheit die enge Mündung des Archegoniums erreichen. Pfeffer konnte 1884 in seiner klassischen Arbeit über „lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize“ zeigen, daß die von den Archegonien aus in das Wasser diffundierende Apfelsäure den Spermatozoiden den Weg weist und daß diese ebenso reichlich in eine dünne — mit Apfelsäure passender Konzentration gefüllte — Glaskapillare hineinschwimmen. Ebenso werden andere Organismen durch spezifische (oft auch als Nährstoff verwertbare) Reizstoffe angelockt. Eine mit verdünntem Fleischextrakt beschickte Kapillare erfüllt sich z. B. in einem Tropfen bakterienhaltiger Flüssigkeit äußerst rasch mit einem dichten Gewimmel; bei höheren Konzentrationen bildet sich vor der Kapillare eine scharf begrenzte Ansammlung regellos durcheinander schwimmender Organismen. Wie kommen diese Reaktionen zustande? Ursprünglich glaubte man, daß alle Organismen für die Unterschiede der Reizung gegenüberliegender Flanken empfindlich seien und ihren Weg *direkt nach dem Diffusionszentrum* zu nähmen. Heute wissen wir, daß in vielen Fällen die Ansammlung ganz anders zustande kommt, durch einfache Bewegungsumkehr („Schreckbewegung“) beim Übergang zwischen Gebieten von verschiedenem Reizwert. Wir stellen eine solche Reaktionsweise als *Phobotaxis* der Richtungsbewegung auf die Reizquelle zu (*Topotaxis*) gegenüber.

a) Die phobotaktischen Reaktionen.

Am längsten kennt man solche Reaktionen bei den lichtempfindlichen Purpurbakterien. Wird in einem mikroskopischen Präparat ein

scharf begrenzter Lichtfleck erzeugt, so können die Bakterien (etwa Chromatien oder Rhodospirillen) ungehindert in das Lichtfeld eintreten. Sobald aber ein Individuum aus diesem Gebiet in den dunklen Teil des Präparates zu schwimmen versucht, wird der Geißelmechanismus umgeschaltet und der Organismus wieder in den Bereich des Lichtfleckes zurückgeführt, der so wie eine *Falle* wirkt. Tatsächlich füllt sich diese „Lichtfalle“ binnen kurzer Zeit. Wichtig ist, daß der Lichtfleck nicht „aufgesucht“ wird; nur jene Individuen bleiben gefangen, die *zufällig* auf ihren Kreuzfahrten durch das Präparat in diesen Bezirk hineingeraten; als Reiz wirkt der *Übergang* von hell zu dunkel, also eine *zeitliche Differenz* verschiedener Reizwerte. Wie zu erwarten ist, löst dementsprechend plötzliche Verdunkelung des ganzen Gesichtsfeldes bei *allen* vorher belichteten Individuen Bewegungsumkehr aus. — *Rothert* sowie *Jennings* und *Crosby* haben zu gleicher Zeit darauf hingewiesen, daß auch die chemotaktischen Ansammlungen vieler Organismen auf ähnliche Weise zustandekommen. Hier bildet die Grenze der „Falle“ eine Zone gleicher Konzentration bzw. gleichen Diffusionsgefälles im Präparat. Auch hier gelangen die Organismen zufällig in den Bereich des diffundierenden Reizstoffes, und nur das Verlassen einer positiv chemotaktischen Zone wird durch die Reaktion verhindert. Solche Reaktionen können sowohl beim Übergang von mittleren zu stärkeren oder schwächeren Konzentrationen auftreten; in solchem Fall wird sich eine ringförmige Ansammlung um das Diffusionszentrum ausbilden. Die Grenzen solcher Ansammlungen sind meist recht scharf, weil die Empfindlichkeit der einzelnen Individuen im selben Präparat nur geringe Abweichungen zeigt. Sie zeigt sich übrigens von der Schwimgeschwindigkeit und der Steilheit des Diffusionsgefälles abhängig. Besonders typisch müssen derartige Reaktionen bei solchen Organismen sein, die von vornherein nicht zu aktiver Änderung der Schwimmrichtung befähigt sind wie z. B. *Chromatien* und *Spirillen* (s. Metzner 1920 c). Aber auch *Paramaecien*, deren Aktions-system bedeutend vielseitiger ist, reagieren phobotaktisch. *Jennings* stellte aber fest, daß hier die Reaktion nicht nur in der Bewegungsumkehr besteht, sondern in einem ganz bestimmten Bewegungskomplex, der als „*motor-reflex*“ bezeichnet wird. Nach einer Reizung prallt das *Paramaecium* ein Stück zurück (infolge Umkehr des Cilienschlages), beschreibt dann einen Teil eines Kegelmantels und schwimmt in etwas veränderter Richtung wieder vorwärts. Beim erneuten Auftreffen auf eine Reizquelle erfolgt die gleiche Reaktion. So werden verschiedene Richtungen „ausprobiert“, bis endlich durch „Versuch und Irrtum“ diejenige Schwimmrichtung gefunden ist, die von der Reizquelle wegführt. Bei positiv chemotaktisch wirkenden Substanzen wirkt der Übergang aus dem Chemotaktikum in

³⁾ Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei hier nochmals erwähnt, daß bei der Flimmerbewegung nicht die Bewegung selbst, sondern nur die Rhythmik übertragen wird. Die Cilien — auch im Peristom — arbeiten im übrigen autonom.

das reine Kulturmedium als Reiz. Allgemein zeigt sich, daß der motor-reflex beim Übergang von günstigen zu weniger günstigen Bedingungen ausgelöst wird. Neuere Versuche von *Alverdes* haben übrigens gezeigt, daß unter Umständen auch noch andere Reaktionen — Abwenden, „Bogenfahren“ — auftreten können, in der Regel ist jedoch der motor-reflex zu beobachten. Beobachtung von Teilstücken zeigte, daß die Perzeption chemischer Reize bei *Paramaccium* offenbar nur im Vorderende erfolgen kann (*Alverdes*).

b) Die topotaktischen Reaktionen.

Bereits *Rothert* wußte, daß topotaktisch reagierende Organismen auch Schreckbewegungen zeigen können. Es scheint nun von vornherein wenig wahrscheinlich, daß für ein und dieselbe Reizqualität zwei grundsätzlich verschiedene Reaktionen auftreten, und *Jennings* hat deshalb versucht, die topotaktische Einstellung auf eine Reihe sich folgender phototaktischer Reaktionen zurückzuführen. Als Beispiel dient ihm vor allem die Einstellung von *Euglena* in die Richtung der Lichtstrahlen. *Euglena* besitzt einen fischförmigen Körper, der durch die vorn insektstreckter Schraubenbahn getrieben wird. Der Körper ist dabei meist ein wenig gegen die Bahnachse geneigt. In der Nähe der Insertionsstelle der Geißel befindet sich ein Augenfleck. *Euglena* zeigt je nach dem physiologischen Zustand phototaktische Reaktionen bei Erhellung oder Verdunkelung. Die Reaktion ist auch hier keine einfache Bewegungsumkehr, sondern ein ähnlicher motor-reflex wie bei *Paramaccium*: Rückwärtsschwimmen (meist nur Anhalten), Trichterdrehung nach der dorsalen Seite und dann Vorwärtsschwimmen in etwas abweichender Richtung. Die Einstellung soll nun so zustandekommen, daß die Organismen bei der Trichterdrehung nacheinander in verschiedenen günstige Reizlagen kommen (durch „verschiedene Beschattung“); in der jeweils günstigsten ist die Fortbewegung relativ am stärksten so lange, bis bei der Rotation keine Differenzen auftreten. Dann ist die Einstellung beendet. Die Einstellung erfolgt also durch „Probieren“ verschiedener Reizlagen. Eine solche Reaktionsweise ist durchaus denkbar (besonders auch bei chemischen Reizen), für *Euglena* trifft sie indes nicht zu. *Buder* (1919) konnte nämlich zeigen, daß die Einstellung viel rascher und sicherer erfolgt als das bei einer solchen Probeerreaktion möglich wäre. Es wird vielmehr in ganz bestimmter Reizlage (wahrscheinlich dann, wenn der Augenfleck die Geißelwurzel beschattet) ein zur Symmetrieebene des Körpers bestimmter gerichteter Ruderschlag, der sonst rotierenden Geißel ausgelöst, der den Körper in die Richtung der Lichtstrahlen dirigiert. Auch hier sehen wir als primäre Reaktion einen motor-reflex (Ruderschlag); erst die physiologische Asymmetrie des Vorderendes ermöglicht

es, daß er bei bestimmter Orientierung des Körpers zum Reiz ausgeführt wird und so die Einstellung bewirkt. *Jennings* glaubte seine Beobachtungen verallgemeinern zu können und meinte, daß wohl alle topotaktischen Reaktionen auf ähnliche Weise zustandekommen. Insbesondere vermutete er einen gleichen Verlauf bei der Chemotaxis der Spermatozoiden, und *Höyt* glaubte 1910 diese Vermutung bestätigen zu können.

Es hat sich aber nun doch herausgestellt, daß wir hier einen Fall von echter Topotaxis vor uns haben (*Metzner* 1923). Allerdings sind die Verhältnisse nicht leicht zu übersehen. Betrachten wir zunächst die Voraussetzungen für eine topotaktische Orientierung. Es müssen aktiv Bewegungen möglich sein (d. h. die Cilien müssen einen erheblichen Teil des Vortriebs bestreiten). Bei einseitigen Objekten müßte die Schlagrichtung von der Reizrichtung abhängig sein, bei polyciliaten muß eine Differenz zwischen der Wirkung reiznaher und reizferner Cilien entstehen. Das setzt eine genügende Unterschiedsempfindlichkeit verschiedener Flanken voraus.

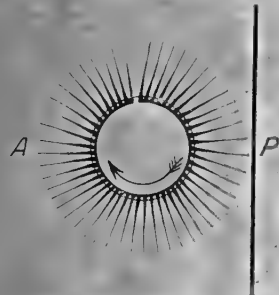


Fig. 7. Schema zur Erläuterung der Reaktionen bei Farnspermatozoiden.

Dann aber ist noch mancherlei zu bedenken: die Spermatozoiden sind ja in dauernder Rotation, und schon *Jost* hat geltend gemacht, daß die Tätigkeit der Cilien das Diffusionsgefälle wesentlich verändern müßte. Weiter ist anzunehmen, daß die Reaktion nicht im Augenblick der Reizung erfolgt, sondern erst nach einer — wenn auch kurzen — Reaktionszeit, und schließlich müssen wir uns fragen, ob nicht die Koppelung der Cilien (die den Metachronismus bewirkt) störend eingreift.

Die Untersuchung ergab nun, daß nicht der Körper, sondern die Cilien selbst die Perzeptionsorgane sind, die an das unveränderte Diffusionsgefälle grenzen (Störungen treten nur innerhalb des von den Cilien umschlossenen Raumes auf, so daß z. B. der Blepharoplast oder eine andere sensible Struktur des Körpers freilich keine Differenzen wahrnehmen könnte). Die Reaktion besteht entweder in Beschleunigung oder Hemmung der Cilientätigkeit, niemals in Umkehr der Schlagrichtung. Die Reaktionszeit beträgt etwa 0,1–0,125 sec; während dieser Zeit ist etwa eine halbe Umdrehung in Richtung des Pfeiles ausgeführt worden. Fig. 7 stellt ein Spermatozoid schematisch von vorn gesehen dar. Wirkt in P

ein Reiz, der die Cilientätigkeit hemmt (z. B. Berührung mit einem festen Körper oder 1 % Gelatine), so wird nach 0,1 sec bei A die Reaktion beginnen; die jetzt bei P befindlichen Cilien schlagen aber noch normal, d. h. das Spermatozoid muß sich nach links von dem Hindernis entfernen⁴). Inzwischen ist auch der Reiz im Innern die Wimperreihe entlang geleitet worden, und zwar wahrscheinlich ebenso rasch wie das Fortschreiten des Metachronismus. Dann aber ist er im dargestellten Augenblick bei P angekommen, so daß hier äußerer und innerer Reiz gleichzeitig zu wirken beginnen. Das gilt nun für jede einzelne Wimper des ganzen Cilienbandes, und wir sehen, daß der Metachronismus nicht nur nicht stört, sondern die Reaktion wirksam unterstützen kann. Führt der Reiz in P zu einer Steigerung der Cilientätigkeit, so erfolgt eine Zuwendung zur Reizquelle hin, solange gegenüberliegende Cilien eine Differenz empfinden können. Es erübrigt noch die Bemerkung, daß der Winkel, der zwischen Reiz und Reaktion zurückgelegt wird, nicht immer genau 180° beträgt;

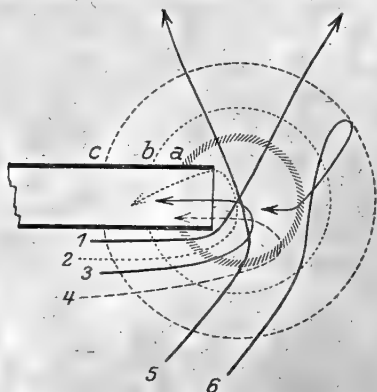


Fig. 8. Schema der chemotaktischen Reaktionen von Farnspermatozoiden.

aber auch dann behalten die geschilderten Überlegungen ihre Gültigkeit. Im Fall der Cilienbeschleunigung wird das Diffusionszentrum dann nicht auf einer ebenen, sondern einer Raumkurve erreicht. Was geschieht nun, wenn der Reiz symmetrisch auf alle Cilien wirkt (bei senkrechtem Auftreffen auf eine Reizzone)? Nun, gar nichts Auffälliges. Die Individuen schwimmen dann mit erhöhter oder verminderter Geschwindigkeit geradewegs weiter. — Zur Illustrierung des Verhaltens bei chemotaktischen Versuchen mag die beigegebene Darstellung einiger typischer Schwimmbahnen (Fig. 8) dienen. Die Kreise a, b, c stellen Zonen gleicher Konzentration, gleichen Gefälles des aus der Kapillare diffundierenden Reizstoffes dar. Bei a ist das Gefälle am stärksten. Wir sehen, daß solche Spermatozoiden,

die nur schwach abgelenkt wurden und etwa durch das Diffusionszentrum schwimmen, unter Umständen dicht am Kapillarmund vorbei entweichen können. Am schönsten zeigt sich das Einschwärmen etwa auf Bahn 3. Hier ließ sich auch feststellen, daß die Geschwindigkeit (bei 0,05 % Apfelsäure in der Kapillare) auf 330 μ /sec gesteigert wurde. Von besonderem Interesse ist noch Bahn 6. Wir sehen, daß bei schiefer Auftreffen auf eine bestimmte Zone in absteigender Richtung (Hemmung des Cilienschlages) Reaktionen auslöst, die gewöhnlichen Schreckreaktionen ähnlich sind. Freilich nur ähnlich, denn sie unterscheiden sich von jenen dadurch, daß sie abhängig sind vom Winkel des Auftreffens, und daß auch hier nur die gereizten Wimpern reagieren (die anderen infolge der Reizleitung zwar auch, aber an der gleichen Stelle!). Aus dem gleichen Grunde schwimmen Spermatozoiden bei senkrechtem Auftreffen z. B. in konzentrierte Salzlösungen ohne Reaktion hinein und gehen dort zugrunde, während bei schrägem Auftreffen Abkehr erfolgt. Diese Reaktionen sollen als „pseudophobotaktisch“ bezeichnet werden.

Entsprechend wird für die topotaktische Einstellung von Euglena und ähnliche Fälle die Bezeichnung „pseudotopotaktisch“ gegenüber der echten oder eutopotaktischen Reaktionen anzuwenden sein.

Wir bekommen dann etwa folgende Übersicht über die Reizbewegungen der Mikroorganismen:

A. Phobotaktische Reaktionen.

Reizanlaß: zeitlicher Wechsel der Reizstärke
Reaktion morphologisch festgelegt (motor-reflex).

1. *Euphobotaktische R.* sind von der Reizrichtung oder Reizlage unabhängig; Organismen physiologisch radiär (Beisp. Spirillum).
2. *Pseudotopotaktische R.* sind an morphologische oder physiologische Asymmetrie gebunden und erfolgen dann jeweils in bestimmter Reizlage (Beisp. Euglena).

B. Topotaktische Reaktionen.

Reizanlaß: Örtliche Unterschiede der Reizstärke
Reaktion von den gereizten Flächen ausgehend.

1. *Eutopotaktische R.* sind von der Reizlage unabhängig; Organismen physiologisch radiär (Beisp. Farnspermatozoiden).
2. *Pseudophobotaktische R.* müssen bei allen wirklich topotaktischen Organismen auftreten und können in bestimmter Reizlage ausbleiben (Beisp. Farnspermatozoiden).

Literatur:

- Alverdes, Fr., a) Pflügers Arch. 195 (1922), 245;
b) Arb. a. d. Geb. d. exp. Biol. H. 3 (1922), 130.
Büder, J., a) Jahrb. f. wiss. Bot. 56 (1915), 529;
b) Jahrb. f. wiss. Bot. 58 (1919), 105.
Erhard, H., Arch. f. Zellf. 4 (1910), 309.
Fuhrmann, F., Centr. f. Bakt. Abt. II, Orig. 25 (1910), 129.
Hoyt, W. D., Bot. Gaz. 49 (1910), 340.
Jennings, H. S., Die niederen Organismen (übers. v. Mangold), Leipzig 1914.

⁴) Es erscheint mir nicht ausgeschlossen, daß die von Alverdes an Paramecium beobachteten Reaktionen beim schiefen Auftreffen auf Diffusionszonen (Abwenden) auf ähnliche Weise zustande kommen. Darüber soll an anderer Stelle genauer berichtet werden.

- Jennings and Crosby, Amer. Journ. of Physiol. 6 (1901), 31.
Metzner, P., a) Biol. Centr. 40 (1920), 49; b) Zs. f. wiss. Mikr. 36 (1920), 113; c) Jahrb. f. wiss. Bot. 59 (1920), 325; d) Beitr. z. allg. Bot. 2 (1923); Heft 5 (im Druck).
Pfeffer, W., Tübinger Unt. 1 (1884), 364.
Prowazek, S. v., Arb. a. d. zool. Inst. d. Univ. Wien 12 (1900), 261.
Rees, Ch., Am. naturalist 55 (1921), 464.
Reichert, K., Centr. f. Bakt. I, Orig. 51 (1909), 14.
Rothert, W., Flora 88 (1901), 371.
Uehla, Vl., Biol. Centr. 31 (1911), 645.
Verworn, M., Pflügers Arch. 48 (1890).

Über die Bedeutung der Physik des Unmessbarkleinen für die physikalische Forschung.

Von Erwin Freundlich, Berlin-Potsdam.

1.

Selbst der begeistertste Anhänger der klassischen Himmelsmechanik wird nicht leugnen, daß sie zu neuen Erkenntnissen schon seit etwa einem Jahrhundert fast gar nicht mehr geführt hat. Nachdem es den Astronomen zu Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts gelungen war, die Bewegungsvorgänge im Planetensystem aus dem Newtonschen Gravitationsgesetz erschöpfend abzuleiten und diesem Gesetze damit allgemeine Anerkennung zu verschaffen, ist die Himmelsmechanik nur noch nach zwei Richtungen hin ausgebaut worden. Sie hat die mathematischen Grundlagen ihrer Theorie eingehend analysiert; sie hat sodann die Gültigkeit ihrer Gesetze im Weltall außerhalb des Planetensystems geprüft. Sie hat dabei überall, wo sie Gelegenheit fand, das Newtonsche Gesetz zu prüfen, z. B. in Doppelsternsystemen, es vollauf bestätigt gefunden. Aber neue Erkenntnisse, speziell tiefere Einblicke in Kausalzusammenhänge, kamen dabei nicht zutage. Ernstlich zu glauben, daß mit dem System der Newtonschen Mechanik die Gesamtheit der in der Mannigfaltigkeit der mechanischen Erscheinungen enthaltenen Kausalbeziehungen wirklich erschöpft sei, dazu lag kein Recht vor. Im Gegenteil drängten Erscheinungen wie die (schon seit Newton bekannte) Gleichheit der trägen und der schweren Masse der Materie nach einer kausalen Vertiefung. Es hatte nur den Anschein, als sei mit dem Abschluß der klassischen Mechanik zu Anfang des vorigen Jahrhunderts auch das System der aus ihren Begriffsbildungen folgenden Kausalzusammenhänge zum Abschluß gelangt.

Währenddessen entwickelte sich die Physik in ganz anderer Richtung. Ihr Forschungsgebiet war das Wesen der Materie selbst und der von ihr ausgestrahlten Energien. Und da es offenbar wurde, daß die Materie nicht die Eigenschaften eines Kontinuums hat, daß sich vielmehr in gewissen sehr kleinen Raumverhältnissen ganz neuartige, und zwar erst die entscheidenden Vorgänge

abspielen, auf deren Kenntnis es zum Verständnis der beobachteten Erscheinungen ankommt, so drang die Physik gezwungenermaßen immer tiefer in Richtung auf das Unendlichkleine hin vor, ohne irgendwie zu einem Abschluß der von ihr aufgedeckten Kausalzusammenhänge zu gelangen.

Dieser Unterschied in beiden Forschungsrichtungen ist von grundsätzlicher Bedeutung und stellt den inneren Grund dafür dar, daß die Physik und die Astronomie nicht zu einer einheitlichen Auffassung der Naturerscheinungen gelangt sind. Der reichere Ertrag an Kausalbeziehungen, den die ins Unmeßbarkleine fortschreitende Physik erntete, mußte eines Tages das anscheinend abgeschlossene System an Kausalbeziehungen der klassischen Mechanik antasten. Und wenn daraus eine Spannung zwischen beiden Disziplinen entsprungen ist, so kann diese Spannung nur in der Weise behoben werden, daß man die innere Notwendigkeit dieser Entwicklung und die innere Berechtigung der „Übergriffe“ der Physik aufweist. Und dies ist, wie mir scheint, in vollauf befriedigender Weise möglich.

2.

Der prinzipielle Unterschied zwischen der Forschungsweise der Mechanik und der der Physik, dessen tieferen Sinn wir aufklären müssen, ist folgender: Die Fortschritte unserer Erkenntnisse der mechanischen Natur sind fast ausschließlich gewonnen durch eine Ausdehnung unserer Forschung ins Unmeßbargroße, durch den Ausbau der Himmelsmechanik, dagegen diejenigen der physikalischen Natur der Materie fast ausschließlich durch eine Ausdehnung unserer Forschung ins Unmeßbarkleine, durch den Ausbau der Atomphysik. Welche prinzipielle Bedeutung diesem Unterschiede zukommt, hat schon Riemann in seiner Habilitationsschrift „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“, deutlich ausgesprochen; er sagt im letzten Abschnitt dieser Schrift:

„Die Fragen über das Unmeßbargroße sind für die Naturerklärung müßige Fragen. Anders verhält es sich aber mit den Fragen über das Unmeßbarkleine. Auf der Genauigkeit, mit welcher wir die Erscheinungen ins Unendlichkleine verfolgen, beruht wesentlich die Erkenntnis ihres Kausalzusammenhangs. Die Fortschritte der letzten Jahrhunderte in der Erkenntnis der mechanischen Natur sind fast allein bedingt durch die Genauigkeit der Konstruktion, welche durch die Erfindung der Analysis des Unendlichen und die von Archimed, Galilei und Newton aufgefundenen einfachen Grundbegriffe, deren sich die heutige Physik bedient, möglich geworden ist. In den Naturwissenschaften aber, wo die einfachen Grundbegriffe zu solchen Konstruktionen bis jetzt fehlen, verfolgt man um den Kausalzusammenhang zu erkennen, die Erscheinungen ins räumlich Kleine, soweit es das Mikroskop nur gestattet. Die Fragen über die Maßverhältnisse des

Raumes im Unmeßbarkleinen gehören also nicht zu den müßigen . . . „und später: „Nun scheinen aber die empirischen Begriffe, in welchen die räumlichen Maßbestimmungen gegründet sind, der Begriff des festen Körpers und des Lichtstrahls, im Unendlichkleinen ihre Gültigkeit zu verlieren; es ist also sehr wohl denkbar, daß die Maßverhältnisse des Raumes im Unendlichkleinen den Voraussetzungen der Geometrie nicht gemäß sind. . . . Die Frage über die Gültigkeit der Geometrie im Unendlichkleinen hängt zusammen mit der Frage nach dem inneren Grunde der Maßverhältnisse des Raumes.“

Diese vor siebzig Jahren niedergeschriebenen Sätze *Riemanns* enthalten alles, was zur Aufklärung der oben betonten Polarität zwischen der Forschungsmethode der Mechanik und der der Physik nötig ist. Insbesondere ist ausgesprochen, warum die Forschungsmethode der Newtonschen Mechanik nur einen bedingten Ertrag an Kausalbeziehungen erbracht hat. Es bleibt nämlich bei den Maßverhältnissen; „wo die möglichen Fälle eine stetige Mannigfaltigkeit bilden, jede Bestimmung aus der Erfahrung immer ungenau — es mag die Wahrscheinlichkeit, daß sie richtig ist, noch so groß sein. Dieser Umstand wird wichtig bei der Ausdehnung dieser empirischen Bestimmungen über die Grenzen der Beobachtung ins Unmeßbargroße und Unmeßbarkleine; denn die letzteren können offenbar jenseits der Grenze der Beobachtung immer ungenauer werden, die ersteren aber nicht.

Dieses immer „ungenauer werden können“ der empirischen Bestimmung der Maßverhältnisse bei der Ausdehnung der Forschung ins Unmeßbarkleine ist die Quelle, aus deren Erforschung die Physik immer neue Kausalbeziehungen schöpfen wird. Hier bietet sich uns die Möglichkeit, das Wesen der „bindenden Kräfte“ von Raum-Zeit-Materie zu erforschen. Die Ausdehnung der Forschung ins Unmeßbargroße liefert uns dazu keine Handhaben. Diese Ausführungen im engen Anschluß an *Riemann* werden verständlicher werden, wenn wir auf den Kernpunkt seiner Mannigfaltigkeitslehre in ihrer Beziehung zu den Naturvorgängen etwas ausführlicher eingehen.

3.

Die entscheidende Erkenntnis, zu welcher *Riemanns* Schrift „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“ geführt hat, ist, daß sich der Raum dem allgemeineren Begriff einer Mannigfaltigkeit unterordnen läßt und daß eine stetige Mannigfaltigkeit beliebig vieler Maßverhältnisse fähig ist. Die Frage nach dem inneren Grunde der Maßverhältnisse des mit Materie erfüllten Raumes kann nur durch das Studium der Naturvorgänge entschieden werden, welches unter allen möglichen Fällen die in der materiellen Welt herrschenden zu bestimmen erlaubt. Auf dem Wege zur Lösung dieses sich vor uns erhebenden Problems hat die spezielle Relativitätstheorie die

eine Vorarbeit geleistet, Raum und Zeit zu einer stetigen Mannigfaltigkeit der Dimensionszahl 4 zusammenzuschweißen. Die allgemeine Relativitätstheorie hat dann eine vollständige Lösung dieses von *Riemann* aufgeworfenen Problems gegeben und hat die Gravitation als den inneren Grund der in der materiellen Welt herrschenden Maßverhältnisse aufgedeckt.

Den Weg zur Bestimmung der Maßverhältnisse einer stetigen Mannigfaltigkeit eröffnet die Erforschung seiner Zusammenhangsverhältnisse im Unendlichkleinen durch die Bestimmung des analytischen Ausdrucks für das Linienelement und die Berechnung des Wertes der die Krümmungsverhältnisse der Mannigfaltigkeit in jedem Punkte charakterisierenden Größe. Wie im einzelnen z. B. die Gravitation diese für die Metrik der Mannigfaltigkeit Raum-Zeit-Materie wesentlichen Größen bestimmt, dafür liefert die allgemeine Relativitätstheorie die erforderlichen Ansätze und Formeln. Und da wir nur eine empirische Gewißheit für deren Gültigkeit haben, so kann uns jeder Fortschritt in der Erfahrung neue Tatsachen kennen lehren, die eine Umgestaltung dieser Theorie erforderlich machen. Die Erfahrung hat, wie *Riemanns* Mannigfaltigkeitslehre zeigt, hierbei zum Unendlichkleinen hin fortzuschreiten, denn nur auf diesem Wege kommen neue Kausalbeziehungen zutage, weil in dieser Forschungsrichtung die Bestimmung der Maßverhältnisse immer ungenauer werden kann, in umgekehrter Richtung nicht.

Man könnte gegen den Wert dieser Überlegungen einwenden, daß dem Begriff des „Unendlichklein“ in der realen Welt doch nur eine bedingte Bedeutung zukomme, daß es schließlich unserem Ermessen unterliege, ob man die Dimensionen des Sonnensystems im Hinblick auf die gesamte Ausdehnung der Welt schon als unendlichklein auffassen wolle oder nicht. Doch dem ist nicht so. Denn wenn die Erfüllung der Welt mit Materie die bindenden Kräfte liefert, aus denen die Maßverhältnisse der Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit fließen, so kann nur die Erforschung der Zusammenhangsverhältnisse der Materie selbst uns über den Grad der Genauigkeit der Bestimmung dieser Maßverhältnisse Aufklärung geben. Hätte die Materie die Zusammenhangsverhältnisse eines Kontinuums, so würde das Eindringen ins Unendlichkleine keine neuen Kausalzusammenhänge zutage fördern. Seitdem wir aber die Atome der Materie mit ihren Kernen und Elektronen als reale physikalische Dinge mit der gleichen empirischen Gewißheit kennen, wie noch vor einigen Jahrzehnten die Planeten und Monde unseres Sonnensystems, sind erst die zur Erforschung dieser Zusammenhänge entscheidenden Vorgänge ans Licht gebracht, und es sind die Ausmaße des Unendlichkleinen durch die Dimensionen der Atomkerne und Elektronen begrenzt. Da überdies in den Größenverhältnissen der Atome die Begriffe des starren Körpers und des

Lichtstrahls, auf welchen sich bis heute noch die Lehre von den Maßverhältnissen der Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit aufbaut, vermutlich ihren Sinn verlieren, so gibt uns wohl nur die Atomphysik die Schlüssel in die Hand, die das Tor zu neuen Einsichten in den inneren Grund der Maßverhältnisse öffnen.

Man darf deshalb nicht von einer Mode sprechen, die die Naturforscher heute zur Atomphysik hintreibe, während noch vor wenigen Jahrzehnten die Beschäftigung z. B. mit der Thermodynamik den größten Teil ihrer Interessen in Anspruch nahm. Die Begriffsbildungen der Thermodynamik haben nicht den engen Zusammenhang mit der Mannigfaltigkeit, in der sich die Vorgänge der materiellen Welt abspielen, wie die der Atomphysik. Dieses Umstandes ist man sich bewußt geworden, wenn auch vielleicht nur durch die große Fruchtbarkeit der neueren Forschungsmethode. Zu den Kausalzusammenhängen, aus denen die Beziehung zwischen Metrik und Naturvorgängen aufgedeckt werden kann, hätte die Thermodynamik wahrscheinlich nie hinführen können.

4.

Wenn man die Entwicklung der Physik von dieser Seite aus beleuchtet, so ist es auf den ersten Blick nicht recht ersichtlich, aus welcher Quelle die allgemeine Relativitätstheorie die Erkenntnisse zur Lösung des Riemannschen Problems geschöpft hat. Denn es kommen in ihr kaum Einflüsse der Atomphysik, also Einblicke in die Struktur der Materie zum Ausdruck.

Jedoch, die wesentlichste neue Erfahrungstatsache der speziellen Relativitätstheorie, die Erkenntnis der Trägheit der Energie, ist nur auf dem Wege über die Elektronentheorie zutage gefördert worden und hat noch heute in Erscheinungen der Bahnbewegung der Elektronen im Atomverband ihre stärkste Stütze. Unzweifelhaft ist dieser Fortschritt der Erkenntnis zum Unendlichkleinen hin, die Entdeckung des Elektrons und der Besonderheiten seiner Massenerscheinung, eine wesentliche Voraussetzung für die Begriffsbildungen der speziellen Relativitätstheorie gewesen.

Prinzipiell mag wohl die Möglichkeit der Erkenntnis der Trägheit der Energie nicht an die Entdeckung des Elektrons gebunden sein. Sie ist es in Wahrheit nur deshalb, weil nur diese außerordentlich kleinen Energieteilchen Geschwindigkeiten erreichen, bei denen ihre Masse wahrnehmbar wird. Aber daß gerade erst diese Größenverhältnisse des Elektrons die Ungenauigkeit der bisherigen Bestimmung der Masseneigenschaft offenbart haben, deutet auf Zusammenhangsverhältnisse der Mannigfaltigkeit hin, deren innerer Grund noch nicht erkannt ist.

Über die Entdeckung des Elektrons und seiner Trägheit hinaus hat die allgemeine Relativitätstheorie keine aus der Atomphysik gewonnene Er-

fahrung in ihre Grundlagen aufgenommen. Die geht aber sehr wesentlich in ihr Grundprinzip, das sog. Äquivalenzprinzip, ein, und zwar dadurch, daß die allgemeine Relativitätstheorie die Gültigkeit der speziellen Relativitätstheorie beim Übergang zu unendlich kleinen Raumteilchen fordert. Diese Bedingung, die in jedem Punkt eines Gravitationsfeldes erfüllt sein soll, schließt im allgemeinen die Wahl euklidischer Maßverhältnisse aus. Infolgedessen sind die Voraussetzungen der speziellen Relativitätstheorie sehr wesentlich in denjenigen der allgemeinen Relativitätstheorie enthalten. Durch die Forderung, daß dieser Grenzübergang in jedem Punkte des Feldes zulässig ist, wird die aus der Erfahrung gewonnene Gleichheit der trägen und der schweren Masse für Materie und Energie in die Prinzipien auch der speziellen Relativitätstheorie eingeordnet; und diese spezielle Relativitätstheorie hat heute nur noch wegen dieses Grenzübergangs der Formeln der allgemeinen Relativitätstheorie in denjenigen der speziellen beim Übergang zu unendlich kleinen Raum-Zeit-Teilchen ihre reale physikalische Bedeutung.

Hierin beruht ein wesentlicher Fortschritt der allgemeinen Relativitätstheorie gegenüber der klassischen Mechanik. Sie macht völlig erschöpfende Aussagen über die im Unendlichkleinen vorausgesetzten Maßverhältnisse der Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit. Sie fordert, daß die Mannigfaltigkeit im Unendlichkleinen homogen sei und die Konstruktionen des Pythagoräischen Lehrsatzes zulasse; sie läßt aber die Möglichkeit beliebiger, nichteuklidischer Maßverhältnisse der Mannigfaltigkeit zu.

Wie weit diese ihre Voraussetzungen erfüllt sind, kann nur die fortschreitende, und zwar die zum Unendlichkleinen hin fortschreitende Erfahrung lehren. Hier eröffnen sich die wichtigsten Probleme der Atomphysik; in Sonderheit erhebt sich die Frage, ob sich alle Erscheinungen, also außer den Gravitationserscheinungen auch alle elektrodynamischen, als inneren Grund der Maßverhältnisse der Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit auffassen lassen. Daß rein formal eine Zuordnung der Elektrizität zur Metrik möglich ist, lehren die Untersuchungen Weyls; daß sie notwendig hergestellt werden muß, geht aus der bisher noch nicht erklärten Gleichheit der Ausbreitungsgeschwindigkeit für Licht- und Gravitationswellen hervor, die aus den Ansätzen der allgemeinen Relativitätstheorie folgt. Hier offenbart sich eine noch unaufgelöste Kausalbeziehung, die ebenso der tieferen Deutung bedarf, wie vordem die Gleichheit der trägen und der schweren Masse der Materie in der Newtonschen Mechanik, da sie sonst in gleicher Weise wie ein unbefriedigender Zufall wirken würde. Die Zusammenfassung von Gravitation und Elektrizität zu einem einheitlichen Erscheinungskomplex verlangt einen tieferen Einblick in das Wesen dieser Kräfte, und dieser wird wohl nur durch genauere Erforschung

der im Atomverband sich abspielenden Vorgänge zu gewinnen sein. Denn daß die schon bestehende Menge an Erfahrungstatsachen zur Lösung dieser Aufgabe ausreicht, erscheint fraglich. Aber bei einem Fortschritt der Forschung zum Unendlichkleinen hin ist zu erwarten, daß neue Kausalbeziehungen zutage treten, welche uns die Lösung dieses Problems ermöglichen. Denn es hängt die Frage über die Gültigkeit bestimmter Maßverhältnisse im Unendlichkleinen zusammen mit der Frage nach dem inneren Grund der Maßverhältnisse von Raum-Zeit-Materie.

Wie mir scheint, müssen diese Überlegungen, zu denen *Riemann* den Grund gelegt hat, ausgleichend auf das Verhältnis zwischen Astronomie und Physik wirken. Sie lehren, daß gewissermaßen eine zwingende Notwendigkeit für die sich vor uns abspielende Entwicklung der physikalischen Forschung vorliegt. Darüber hinaus haben diese Überlegungen aber auch eine Bedeutung für alle Forschungsgebiete der Naturwissenschaften, deren Forschungsgebiet sich auf einen stetigen Komplex von Erscheinungen bezieht. Stellt die Gesamtheit der betrachteten Erscheinungen eine stetige Mannigfaltigkeit im Sinne *Riemanns* dar, so ist die Erforschung ihrer Zusammenhangsverhältnisse das wesentlichste Problem. Insbesondere die in der letzten Zeit von Psychologen in den Vordergrund gerückte Gestalttheorie ist von dem hier aufgeworfenen Standpunkt einer Würdigung zugänglich, die ich jedoch einem späteren Artikel vorbehalten möchte.

Besprechungen.

Meisenheimer, Johannes, Geschlecht und Geschlechter im Tierreiche. I. Die natürlichen Beziehungen. Jena, Gustav Fischer, 1921. XIV, 896 S. und 737 Abbildungen.

Ein Werk, dessen Literaturnachweise allein 70 Seiten, dessen Sachregister 40 Seiten dreispaltig umfaßt, muß den größten Respekt vor der Ordnungskunst und dem Sammelfleiß seines Verfassers erregen. Der Inhalt aber übertrifft alle Erwartungen. Der Nichtzoologe kommt bei jeder Seite dieses Buches nicht aus dem Staunen heraus über die Vielseitigkeit der Natur, mit der sie die sexuelle Ausrüstung der Tiere erzeugt hat, um die Sicherheit der Fortpflanzung und die Reinheit der Abstammung zu gewährleisten. Denn so teleologisch muß ja in einem Gebiet gesprochen werden, dessen Ziel keine Hypothese, sondern völlig klar ist. Zweck und Grund der Bildung mancher Eigentümlichkeit des Organbaus wird auch vom Verf. als klar hingestellt, wo wir in unserer der physiologischen Deutung anatomischer Formen gegenüber vorsichtigen Denkart zurückzuhalten gewöhnt sind. Aber die unendliche Menge völlig sicher zu deutender Formen verführt zur Deutung auch anderer nach der Richtung nahescheinender Zweckdienlichkeit. Was *Meisenheimer* an Material beibringt, ist geradezu überwältigend, um so mehr, als er immer wieder hervorhebt, daß er nur eine Auswahl des Vorhandenen, nur die klarsten Fälle, nur einzelne Beispiele aus den erwähnten Tierklassen gibt. Die einzelligen Organismen vereinigen sich ganz miteinander zu einer Fortpflan-

zungsart, die anders ist als die einfache Teilung in zwei Teile. Diese Vereinigung der Körper ist eine Art geschlechtlicher Fortpflanzung, bestehend in gegenseitiger Befruchtung und aus den vereinigten Zellen hervorgehender gemischter Nachkommenschaft. Noch niedriger, wenn dieser Ausdruck erlaubt ist bei einem Vorgang, der uns nur einfach erscheint, weil er der zweifellose Vorläufer komplizierterer Zustände sein muß, ist die Teilung und Wiedervereinigung des Kerns eines einzigen Infusors im eigenen Körper, sodann die Kern- und Zellteilung und die Wiedervereinigung eines einzigen einzelligen Wesens in eigener Kapsel, wobei der als Befruchtung anzusprechende Vorgang nur eine innere Umlagerung sein kann. Darauf folgt die Vereinigung zweier gleichwertiger, dann die Vereinigung bereits verschieden gestalteter Einzelwesen, des Gametozyten und des Gameten. Über diese Vereinigung oder gegenseitige Befruchtung einzelliger Wesen hinaus geht dann die Vereinigung von bestimmten, ebenfalls als Gametozyten und Gameten anzusehenden Zellen mehrzelliger Gebilde. Diese werden dadurch zu Gametozytenträgern. Diese Gametozyten werden weiterhin in Geschlechtsdrüsen oder Gonaden zusammengefaßt, und diese Geschlechtsdrüsen sind deshalb als Gametozytenträger zweiter Ordnung bezeichnet. Ovarien und Spermatiden bringen als Gameten sich vereinigende Eizellen und Samenzellen hervor. „Jedes tierische Individuum ist in seiner Gesamtheit nichts anderes als ein Gametozytenträger, sein Körper überschreitet in der Stufenfolge allgemeinsten geschlechtlicher Differenzierung nicht die Konstitution eines einfachen Algenfadens.“ Das ist der wichtigste und schlagendste Satz des Buches, von dem jeder, der es liest, sich selbst bis ins tiefste betroffen fühlen muß und der das Interesse für das nun Besprochene in so hoher Weise weckt, wie es wohl kein anderes Wort vermocht hätte. Die weitere Ausgestaltung jedes Wesens zur Geschlechtsperson bildet den Inhalt des großen Werkes von *Meisenheimer*.

Was nun aber *Meisenheimer* in den folgenden 22 Kapiteln auf mehr als 700 Seiten mit ebensoviel Abbildungen schildert, übertrifft alle Erwartungen. Es ist unmöglich, im Rahmen dieser Besprechung auch nur zu versuchen, eine Darstellung von der Vielseitigkeit der Formen und der Funktionen zu geben, die *Meisenheimer* an unserem Auge vorbeiführt. Wenn ich einen Punkt anführen darf, so erfüllt die feine Verschiedenheit, bei der mit einem Häkchen oder Stacheln bei Käfern und bei Fliegen die Vermischung nächstverwandter Arten verhindert wird, mit dem größten Staunen. Die komplizierteren Verhältnisse bei höheren Tieren klarzulegen, beginnt *Meisenheimer* mit einem Vergleich der Geschlechtszellenträger bei den Pflanzen und bei stockweise lebenden Tieren, den Hydromedusen. Darauf geht er auf die allgemein im Tierreich wichtige Grundfrage des Zwittertums und der Getrenntgeschlechtlichkeit ein. Nach oben und nach unten, durch alle Tierkreise hindurch, führt er uns in seinen Besprechungen und bildlichen Darlegungen, führt uns die primitiven Begattungsformen in ihrer bereits außerordentlichen Mannigfaltigkeit vor unter Besprechung der unechten Begattungsorgane, die nicht zur direkten Einführung des Spermas in den Körper des Weibchens, sondern nur zur äußeren Vereinigung der Geschlechter führen, und geht dann auf die echten Begattungsorgane über. Der Mensch wird nebenher auch immer mit in Betracht gezogen, aber alles darauf Bezügliche geht in einer solchen Fülle weit erstaunlicherer Kompliziertheiten unter, daß es

fast primitiv erscheint, was in dieser Beziehung existiert. Der Beschreibung der Organe und ihrer direkten Vereinigung folgen die Korrelationen zwischen männlichen Begattungsorganen und weiblichen Empfangsorganen, die Haft-, Greif- und Klammerapparate im Dienste geschlechtlicher Betätigung, die Reizorgane mechanischer Art und die Wollustorgane und die Formen der geschlechtlichen Annäherung. In diesem Abschnitt wird zunächst beschrieben, wie die allgemeinen Verhältnisse des Kontraktionstriebes gestaltet sind, die Mittel zu sexueller Annäherung, die der Tastsinn, Schmeck- und Riechstoffe, das Gehör, das Auge vermitteln. Nach Besprechung der sexuell verschiedenen und durch ihre Unterschiede bei männlichem und weiblichem Geschlecht als sexuell wichtig hervortretenden Waffen, geht Meisenheimer auf Eiablage und Brutpflege über. Gewährung von Schutz, von Nahrung an die Nachkommenschaft umfassen zwei große Kapitel mit vielen Unterabteilungen, in denen vom einfachsten Bewachen der Eier bis zur Aufopferung des ganzen Körpers der Mutter alle Zwischenstufen geschildert werden, die sich nicht in systematisch aufsteigender Reihe, sondern in allen Tierklassen vom niedersten bis zum höchsten Grade antreffen lassen. Zum Schluß folgen drei wichtige Kapitel über die Stufen sexueller Organisationshöhe, die Übertragung spezifischer Geschlechtsmerkmale von Geschlecht zu Geschlecht und die Herkunft und Ausbildung peripherer Geschlechtsmerkmale. Das ganze Werk atmet die Verehrung vor den Wechselgestaltungen, die die Natur in ihren wichtigsten Zwecken, die Fortpflanzung, hineingelegt hat, und die würdige Art der Darstellung erfüllt den Leser mit der Hochachtung vor dem natürlichen Vorgehen, die der Autor ihm durch seine umfassende und klare Beschreibung nahebringt. Es ist unmöglich, auf all die großen Gedanken, die Meisenheimer zwischen seine objektiven Schilderungen hineinfließt, auch nur im entferntesten einzugehen. Aus diesem Buch lernen wir mehr als aus irgendeiner anderen Darstellung des Tierlebens die Wunder der tierischen Entstehung und der Reinerhaltung der entstandenen Arten erkennen. Was wird erst der zweite Band bringen?

F. Pinkus, Berlin.

Hort, Wilhelm, Technische Schwingungslehre. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Berlin, Julius Springer, 1922. VIII, 828 S. und 423 Textabb. 16 × 21 cm. Grundzahl 20.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage im Jahre 1910 hat die „Technische Schwingungslehre“ von W. Hort sich allgemeine Anerkennung erworben, was unter anderem auch darin zum Ausdruck kommt, daß die erste Auflage seit einigen Jahren vergriffen ist. Seit etwa zwei Jahrzehnten haben die in der Technik auftretenden Schwingungserscheinungen eine immer stärker hervortretende Bedeutung gewonnen, die das Buch von Hort für die Ingenieure besonders wichtig und wertvoll gemacht hat. Hinzu kommt noch der für das Buch charakteristische Umstand, daß W. Hort es verstanden hat, auch den mathematisch weniger geschulten Ingenieur in mathematische Forschungsmethoden einzuführen, die dem Techniker sonst meist unzugänglich erschienen und auf denen doch, wie heute immer mehr erkannt wird, zum großen Teile die Weiterentwicklung der technischen Wissenschaft beruht. Gerade die Untersuchung der in der Schwingungslehre auftretenden schwierigen technischen Probleme erfordert ein Vertrautsein mit den mathematischen Behandlungsmethoden der Mechanik, wie es meines Erachtens kaum besser vermittelt werden kann, als es in dem vor-

liegenden Buche geschieht. Der Grund hierfür liegt zweifellos mit darin, daß der Verfasser selbst in der Praxis stehender Ingenieur ist und daher die Denkweise und die Bedürfnisse der Ingenieure aus eigener Erfahrung kennt.

Die vorliegende zweite Auflage ist gegenüber der ersten auf nahezu den vierfachen Umfang angewachsen. Die Anordnung des Stoffes ist im wesentlichen dieselbe geblieben, doch haben einerseits die theoretischen Grundlagen eine weit ausführlichere Behandlung erfahren und andererseits ist die Zahl der Beispiele, insbesondere aus den inzwischen wichtig gewordenen Anwendungsgebieten (vor allem der Elektrotechnik), beträchtlich vermehrt worden.

Die ersten Abschnitte behandeln die einfachsten ungedämpften, die gedämpften und die erzwungenen Schwingungen. Hier führt der Verfasser den Leser an Hand von einfachen praktischen Beispielen in die Lehre der linearen Differentialgleichungen ein und macht ihn dadurch zugleich mit den mathematischen Hilfsmitteln vertraut, die die Grundlagen für die späteren schwierigeren Untersuchungen bilden. Ein besonderer Abschnitt, der für technische Physiker sehr wichtig sein dürfte, ist den Instrumenten zur Aufzeichnung von Schwingungen gewidmet, die hier auch rechnerisch eingehend untersucht werden, und zwar werden der Indikator, die Seismographen, der Pallograph (für das Aufzeichnen der Schwingungen und Erzitterungen der Schiffskörper), der Oszillograph, das Vibrationsgalvanometer, der Frequenzmesser von Frahm und der Kinematograph (zur Aufnahme der Zeigerschwingungen von Instrumenten) besprochen.

Während bisher nur einfache mathematische Hilfsmittel verwandt wurden, werden in einem besonderen Abschnitt (rationelle Mechanik) weitergehende mathematische Methoden entwickelt, deren Notwendigkeit für den Ingenieur der Verfasser ausführlich begründet. Hier werden die Bewegungsgleichungen von Lagrange erster und zweiter Art und die sämtlichen damit zusammenhängenden für die Dynamik wichtigen Begriffe der Freiheitsgrade, der Zwangskräfte usw. besprochen. Wenn man auch heute noch verschiedener Ansicht darüber sein kann, ob die Lagrangeschen Methoden, die Hort in den folgenden Abschnitten zur Lösung fast aller behandelten Aufgaben benutzt, für den Ingenieur als „rationelle Mechanik“ anzusprechen sind, so ist meines Erachtens der Standpunkt des Verfassers schon dadurch gerechtfertigt, daß der Ingenieur, der in die Handhabung der Lagrangeschen Methoden eingeführt ist, damit auf jeden Fall sehr wertvolle Hilfsmittel für die selbständige technisch-wissenschaftliche Weiterarbeit erhält. Im Anschluß an die Darstellung der „rationalen Mechanik“ folgt ein Abschnitt über analytische und graphische Methoden, in dem auch die neueren Verfahren von Zipperer, von Pichelmeyer und von Schrutka, von Meurer und von Runge-Emde sowie die Analysatoren nach Henrici und nach Mader besprochen werden.

In den folgenden Abschnitten werden die dargelegten Methoden auf die verschiedenen technischen Gebiete angewendet. Ein Abschnitt, der die Schwingungen mit einem Freiheitsgrad in der Maschinentechnik behandelt, enthält Untersuchungen über Fundamentalschwingungen, Biegungs- und Torsionsschwingungen rasch rotierender Wellen, über die Dynamik des Kurbelgetriebes und den Schlieckchen Massenansgleich, wobei auf die Arbeiten von Heun und Lorenz Bezug genommen wird. Die Reguliervorgänge und die Regulatoren bei Kraftmaschinen werden in einem Abschnitt über Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden behandelt und daran an-

schließend die Schwingungserscheinungen bei Fahrzeugen (Schiffen, Luftfahrzeugen und Lokomotiven) besprochen. Ein weiterer Abschnitt ist der Kreiseltheorie in der Technik gewidmet. Darauf folgen Abschnitte über die Schwingungen fester elastischer Körper, wobei auch die Seil- und Kettenschwingungen untersucht werden, ferner über periodische Bewegungen von unelastischen Flüssigkeiten sowie von Gasen und Dämpfen. Die elektrisch-mechanischen Schwingungsvorgänge (z. B. das Pendeln, parallelgeschalteter Wechselstrommaschinen) werden im nächsten Abschnitt erörtert. Darauf folgt eine Darstellung der Theorie der Koppelschwingungen und der Erzeugung von Schwingungen durch unperiodische Kräfte (z. B. das Pendeln von Gleichstrommaschinen). Die nächsten beiden Abschnitte behandeln unter Benutzung der Maxwellschen Gleichungen die in neuerer Zeit so wichtig gewordenen elektromagnetischen Schwingungen, insbesondere die Wechselstromkraftübertragung, die Schwingungsvorgänge in Telefon- und in Telegraphenkabeln und ferner die elektromagnetischen Wellen im Erdraum. Zum Schluß ist ein Abschnitt den nichtharmonischen (pseudoharmonischen und quasi-harmonischen) Schwingungen gewidmet. Im Anhang sind in sehr klarer und übersichtlicher Weise die Dimensionen der physikalischen Größen, die Hauptformeln der Vektoranalysis sowie der hyperbolischen, Besselschen und elliptischen Funktionen zusammengestellt. Durch eine ausführliche, sehr zweckmäßig angeordnete Literaturübersicht sowie durch ein Sach- und ein Namenverzeichnis wird der Gebrauchswert des Buches wesentlich erhöht.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das vorliegende Buch sowohl bezüglich der klaren und einfachen Darstellungsweise, die den Mathematiker wie auch den Ingenieur zufriedenstellt, als auch bezüglich seines umfassenden Inhalts eine hervorragende Stellung in der wissenschaftlich-technischen Literatur einnimmt. Für die Ingenieure und die technischen Physiker ist es ein unentbehrliches Handbuch und für Studierende ein zu selbständiger Weiterarbeit anregendes Lehrbuch.

H. Alt, Dresden.

Meißner, W., Entfernung- und Höhenmessung in der Luftfahrt. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik Heft 61. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. 89. 92 S. und 66 Abb.

Die Schrift ist auf Veranlassung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt entstanden. Zur Erleichterung des Verständnisses sind die physikalisch-geometrischen Grundlagen ausführlich erörtert. Der erste Teil behandelt die optische Entfernung- und Höhenmessung, wobei die Höhe aus Entfernung und Höhenwinkel abgeleitet wird. Der Aufbau der Teil- und Raumbildentfernungsmesser sowie die Bauarten der Firmen Hahn, Zeiß und Goerz werden erklärt. Daran anschließend werden die Hilfsapparate für die Fliegerbekämpfung durch Geschütze kurz behandelt (man kann ja im Zweifel sein, ob dies noch zum Thema gehört); hier hätten wohl in der Einleitung die verschiedenen Verfahren in ihrer Eigenart mehr unterschieden werden können; die Behandlung ist freilich dadurch erschwert, daß die Anforderungen an diese Geräte noch nicht genügend geklärt sind und die Durchbildung des Baus erst recht noch in der Entwicklung begriffen ist. Es wird weiter auf die Verwendung der kleinen Zeißischen Baumbildentfernungsmesser im Flugzeuge eingegangen. Es hätte wohl noch die Entfernungsmessung durch Messung des Höhen-

oder Tiefenwinkels bei bekannter Höhe in ebenem Gelände oder auf See sowie die Bestimmung der Lage der Geschoßeinschläge zum Ziel Erwähnung verdient. Im zweiten Teil werden zunächst die mathematischen Grundlagen der barometrischen Höhenmessung und das Verfahren von Mises zur Ermittlung der Steiggeschwindigkeit aus Barogrammen dargelegt. Dann wird das Aneroid behandelt; es wird gezeigt, wie die von Warburg und Heuse untersuchte elastische Nachwirkung und Hysteresis durch verschiedene Anordnungen unschädlich gemacht werden kann, woran sich die Beschreibung der Apparate von Fueß und Goerz schließt. Ferner wird noch auf die Variometer zur Feststellung kleiner Höhenänderungen, z. B. beim Landen, eingegangen.

Die optischen Verfahren versagen bei Nacht und Nebel, die barometrischen bei unruhigem Wetter und beim Landen in einer Gegend von unbekannter Höhenlage. Die Erfolge mit Behms Echolot für die Bestimmung der Meerestiefe berechtigen zu Hoffnungen für die akustische Höhenmessung vom Flugzeug aus. Auch die Benutzung der elektromagnetischen Wellen ist noch in den Anfängen der Entwicklung. Man hat vorgeschlagen, die stehenden Wellen, die durch Interferenz der ausgesandten und der an der Erdoberfläche zurückgeworfenen Welle entstehen, auszunutzen, indem man die Wellenlänge verändert und zwei benachbarte, für diese Höhe mögliche Wellen aufsucht. Ferner werden die verschiedenen Arten der Richtungsbestimmung mit Antennen und ihre Verwertung für die Ortsbestimmung behandelt.

Namen-, Sachverzeichnis und einige Quellenangaben sind angehängt.

A. König, Jena.

Möller, M., Kraftarten und Bewegungsformen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1922. VIII, 148 S. u. 72 Abb. 14 × 23 cm.

Diese Schrift stellt den ersten Teil einer elementaren Einführung in die Mechanik von durchaus eigenem Gepräge vor. Sie kann dem Leserkreis der „Naturwissenschaften“ aus zwei Gründen empfohlen werden. Einmal rückt sie sehr mit Recht den Begriff des Impulses (der Bewegungsgröße) an die Spitze, einen Begriff, dessen grundlegende Bedeutung trotz Newton unter der Nachwirkung der sogenannten klassischen Mechanik (wenigstens in Deutschland) lange Zeit fast vergessen war und auch heute in der Lehrbuchliteratur noch nicht wieder voll berücksichtigt zu werden pflegt. Sodann behandelt die Möllersche Schrift neben den hauptsächlich für den Ingenieur wichtigen Anwendungen in der Mechanik (z. B. die Kraftwirkungen in durchströmten Röhren, die Einrammung von Pfählen, die Fundamentalschwingungen von Maschinen, die kritischen Drehzahlen, die Kinematik der Strömung in Gerinnen u. a.) eine große Reihe geschickt ausgewählter Probleme der Molekularphysik und der Geophysik, und zwar fast durchweg mit Einflechtung eigener neuer Gedanken des Verfassers, so z. B. die dynamische Fluttheorie, die Theorie der Erdabplattung sowie der Polflucht der an der Erdoberfläche schwimmenden Körper. Die letztgenannten Untersuchungen bilden zweifellos eine wertvolle Ergänzung zu den Wegenerschen Arbeiten über die Entstehung der Kontinente. Man erfährt, durch welche gewaltigen Kräfte die in der plastischen Barysphäre (Sima) eingebetteten Kontinentalschollen (Sal) infolge der Erdrotation äquatorwärts getrieben werden, gewaltig genug, um selbst die Auftürmung großer Kettengebirge zu erklären. Es wird Sache des Geophysikers sein, sich mit diesen Rechnungen kritisch auseinanderzusetzen.

Da der Verfasser, wie man sieht, seine Anwendungsbeispiele mit weitem Griff aus den verschiedensten Gebieten der Naturwissenschaft holt, so ist es nicht erstaunlich, daß er auch in die Physik des Äthers greift. Ich glaube aber kaum, daß die von ihm vorerst nur angedeutete mechanische Äthertheorie die Zustimmung vieler Physiker finden wird, wenn da von „innerem Bewegungszustand des Äthers mit Geschwindigkeiten von Hunderten von Millionen Metern“ die Rede ist. Trotz der Einwände, die hier und bei einem Buche von solcher Vielseitigkeit naturgemäß auch noch an manchen anderen Stellen nicht ausbleiben werden (so gegen die kosmologischen Folgerungen aus dem Impulssatz und gegen den Versuch einer Herleitung des allgemeinen Energiesatzes aus dem Impulssatz der Mechanik), ist dem Buche eine weite Verbreitung zu wünschen.

R. Grammel, Stuttgart.

Blumer, Ernst, Die Erdöllagerstätten, Grundlagen der Petroleumgeologie. Stuttgart. Ferdinand Enke, 1922. XV, 441 S., 125 Abbild. und 40 Tabellen. 16 × 25 cm.

Selten hat ein Werk der technischen Praxis ein größeres Interesse verdient, als das eben erschienene Werk von Blumer, das sich ganz besonders mit den Erdöllagerstätten befaßt. Über die Geologie des Erdöles ist in den verschiedenen Kultursprachen ein außerordentlich umfangreiches Material angehäuft. Auch die letzterschienenen größeren Werke über Erdöl, insbesondere von Höfer, das Compendium von Engler-Höfer, Werke von Boverton Redwood, neuerdings erschienene Werke über die Ölschieferindustrie, bringen außerordentlich viel Lesenswertes. Aber in zusammenhängender und leicht faßlicher Form, wie der praktische Petroleumtechniker und Industrielle allein geologische Mitteilungen „verdauen“ kann, liegt endlich eine übersichtliche Darstellung in der zu besprechenden Arbeit vor.

Die Einleitung bringt einen ganz kurzen chemischen Teil, der vielleicht doch ein wenig umfangreicher hätte gehalten werden sollen, weil der Petroleumindustrie über die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Erdöles immerhin mehr wissen muß, auch einiges über die wichtigsten Apparaturen, die es ihm ermöglichen, die charakteristischen physikalischen und chemischen Eigenschaften festzustellen.

Der eigentliche Inhalt gliedert sich in vier Teile, von denen der erste die Erdölanzeichen, der zweite die erdölführenden Gesteine, der dritte die Tektonik der Erdöllagerstätten und der vierte den Inhalt der Erdöllager behandelt. Den Schluß bildet eine Geschichte des Erdöles und daran schließen sich wissenschaftliche Zusätze und Literaturhinweise.

Was die Erdölanzeichen anlangt, ist sehr zweckmäßig auf den nach außen hin scharf in die Erscheinung tretenden Unterschied zwischen Quellen leichter Paraffinöle und Quellen schwerer Asphaltöle hingewiesen. Die ersten zeigen an der Fundstelle braune, leichtbewegliche, raschverdunstende Flüssigkeiten, die zweiten zähflüssige, schwarze, teerähnliche Massen. In beiden Fällen sind Erdgase, Salzwasser und Schwefelwasserstoffe häufige Begleiter. Paraffinöle entspringen zumeist Tongesteinen, Asphaltöle knüpfen ihr Vorkommen an Sand, Sandsteine, selbst Konglomerate, sowie an poröse Kalke. Der Verfasser bringt interessante Folgerungen und Gegenüberstellungen der Ausmaße der Fundstellen und der Erträge sowie Hinweise auf die in den verschiedenen Ländern charakteristischen Asphaltseen unter besonderer Berücksichti-

gung der bekannten Pechseen von Trinidad und Barumuda. Ein tabellarischer Vergleich der Quellen von leichten Paraffinölen und schweren Asphaltölen erleichtert das Verständnis. Die zweite Gruppe der Erdölanzeichen umfaßt die seit Jahrtausenden bekannten Erdgasquellen und ewigen Feuer. Schon Herodot sprach ein halbes Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung, von der brennenden Gasquelle von Chimära in Lykien und die sonstigen Mitteilungen aus dem Altertum über die Feuer von Naxos und Babylon usw. sind ja allgemein bekannt, desgleichen der an die heiligen Feuer, insbesondere von Baku, geknüpfte Feuerkultus der Perser, dessen geistige und kulturelle Idee der Verfasser in treffenden Worten verherrlicht. Eine besondere Besprechung bringt Blumer über die ewigen Feuer von Baku.

Endlich sind noch als Erdölanzeichen die bekannten Schlammgesprudel und Salzen zu erwähnen. Oft ist dieser Schlamm mit Erdöl durchtränkt. Es gibt solche Schlammgesprudel, welche heute noch in Tätigkeit sind. So beschreibt Cunningham Craig einen im Mai 1906 in Trinidad erfolgten bedeutenden Ausbruch.

Es gibt auch unterseeische Schlammkugeln, die in Inselbildungen Anlaß geben, solche Inselbildungen haben im Kaspischen Meere, an der Westküste von Birma, in der Nähe von Borneo, in der Nähe von Trinidad usw. stattgefunden. Von Interesse ist der Zusammenhang zwischen Salzvorkommen und Ölvorkommen, und es gibt keine Ölregion der Erde, in der Salzvorkommen gänzlich fehlen würden. In der Regel finden sich auch Brom- und Jodquellen und vielfach Schwefelquellen, nachdem ja ein großer Teil des Schwefels das Erzeugnis der Fäulnis toter Organismen ist. Schon das Begleitwasser der Erdölquellen zeigt oft Schwefelwasserstoffe, desgleichen das Erdgas. Von geringerer Wichtigkeit sind Kohlensäurefundstellen. —

Der zweite Teil befaßt sich mit der Lithologie der Erdölgebiete, also dem erdölführenden Gestein. Die Anschauungen von früher, wonach das Erdöl innerhalb der Erdkruste weite Hohlräume ausfüllt, hat richtigere Anschauungen weichen müssen. Gelegentlich erscheint ohne Frage das Erdöl als Ausfüllung von Spalten und Klüften. Aber die hervorkommenden Mengen sind herzlich unbedeutende, um nicht zu sagen, verschwindende Ausnahmefälle gegenüber dem Vorkommen in den Poren der Gesteine, und es hängt nun wesentlich von ihrer Porosität ab, wieviel das Material enthält. Der Porenraum ist nach Blumer nicht von der Korngröße abhängig, wohl aber von der Gestalt, Lage, Packung der Körner, Vorhandensein oder Fehlen eines Bindemittels usw. Das theoretische Maximum des in dem Gestein möglichen Porenraumes bei Kugelgestalt und gleicher Größe der Teilchen betrage 47,6 %. Eine interessante Tabelle gibt den mittleren Porenraum in Prozent für die verschiedensten Gesteine an. Man kann daraus schließen, welche riesenhafte Mengen in den verschiedenen Regionen der Erde von Öl durchtränkt sind. Die Durchlässigkeit der Gesteine steige und falle mit dem Porenraum, die Strömungsgeschwindigkeit einer Flüssigkeit durch einen porösen Körper hängt von der Viskosität und Temperatur der Flüssigkeit ab und ist annähernd proportional dem Quadrate der Porengröße. Eine scharfe Grenze zwischen durchlässigem und undurchlässigem Gestein ist nicht zu ziehen. Keinesfalls kann man durch Bohrungen allein den ganzen Inhalt eines Öllagers ausziehen. Die Ölsande des Staates New York enthalten noch immer einen namhaften Teil ihres ursprünglichen Ölgehaltes und in Pechelbrunn konnte man durch Auswaschen der

Ölsande dreimal soviel Öl gewinnen als vorher durch die üblichen Bohrmethoden.

Ein weiterer Abschnitt bespricht die Sedimente als Träger der Kohlenwasserstoffvorkommen. Es ist eine Erfahrungstatsache, daß juvenile, unmittelbar aus dem Erdinnern stammende Kohlenwasserstoffe nirgends größere Lagerstätten aufweisen, daß kristallinisches Gestein und seine Sedimente fast gleich ölfrei sind und daß fast alle Sedimentgesteine jedes geologischen Alters, vom Cambrium angefangen, Kohlenwasserstoff führen. Der Menge nach scheinen die ölfreien in Ton- und Ton-schiefermassen jene in Sand- oder Kalksteinbänken weit zu überwiegen. Typisch als Träger der Ölvorkommen sind:

1. Ölschiefer, an welchen die meisten Fundstellen leichter Paraffinöle geknüpft sind,
2. Ölsande,
3. Ölkalke.

Eine tabellarische Übersicht läßt die verschiedene Mächtigkeit von Ölsanden erkennen, desgleichen von Ölkalk und Asphaltkalk.

Der Verfasser beschäftigt sich nunmehr mit der „öldurchtränkten Stufenfolge“. Es findet sich ein leichter Ölhorizont innerhalb einer bitumenfreien Gesteinsfolge. Stets scheinen ausgedehnte Öllager eine einheitliche, mehr oder weniger bituminöse und oft durch und durch öldurchtränkte Schichtenfolge anzukündigen. Eine solche Übersicht über die Mächtigkeit ölführender Stufenfolgen bringt *Blumer* und zeigt, daß beispielsweise das Tertiär von Alaska und der Golfküste mehrere 1000 m hoch ist.

Alle großen Öllager der Erde liegen innerhalb alter Meeresablagerungen und sind in der Regel marine Bildungen. Der Verfasser bespricht den inneren Zusammenhang zwischen Ölvorkommen und Fehlen der Salze und den sonstigen Zusammenhang zwischen Öl und dem Gestein. —

Der dritte Teil befaßt sich mit der Tektonik der Erdölgebiete, dem Bau der Erdöllagerstätten, und zwar mit der Ölführung im Faltenlande, den ölführenden Antiklinalen und deren Ausmaßen, den gefalteten Ölregionen, ferner mit der Ölführung im Tafellande und vergleicht ihre typischen Eigenheiten. Ebenso wird auch über die Verteilung der Ölregionen auf der Erde berichtet. Ein weiteres, praktisch interessantes Kapitel ist das des vierten Teiles, welches sich mit dem Inhalt der Öllagerstätten befaßt, mit dem Reichtum der Öl- und Gasanhäufungen und der Mitteilung der Erträge besonders reicher Bohrungen, mit dem Druck der Öl- und Gaslager, der Temperatur daselbst, mit der *Dynamik* der Öl- und Gaslager.

Es würde zu weit führen, auf die Fülle des gebotenen und übersichtlich angeordneten Stoffes einzugehen, desgleichen auf Einzelheiten, bezüglich welcher Geologen anderer Auffassung sind. Als Schlußzusammenfassung wird im fünften Kapitel kurz die *Geschichte* des Erdöles mitgeteilt, der Ursprung des Erdöles und die Entstehung desselben nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaften geschildert, auf die Erdölwanderungen und Entleerungen der Öllager hingewiesen. Der Anhang enthält eine Reihe von wertvollen, den Text unterstützenden Daten. Das Buch ist mit wohlgefügten Abbildungen versehen. Wünschenswert wäre wohl eine große Erdkarte, aus der die Geologie der einzelnen Erdölländer in großen Zügen ersichtlich wäre, weil dadurch erst ein recht anschaulicher Vergleich in bezug auf die lokalen Verschiedenheiten möglich wird.

Das Werk ist fesselnd und leichtflüssig geschrieben.

Man würde nur wünschen, daß auch andere wissenschaftliche Werke in stilistisch ähnlicher Form abgefaßt würden. Wenn also der Verfasser in seinem Vorwort sagt, daß er als Gegner aller ungenießbaren Darstellungsformen es versucht habe, die Lesbarkeit und Übersicht des oft spröden Stoffes zu erhöhen, so ist ihm dieser Versuch tatsächlich gelungen.

Der Verlag Enke hat das Werk mustergültig ausgestattet.

Leopold Singer, Wien.

Höfer-Heimhalt, Hans, Das Erdöl und seine Verwandten. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. XV, 383 S., 36 Abbild. und 1 Tafel. 16 × 25 cm. Preis Gz. geh. 12,50; geb. 16,—.

Im Jahre 1889 hat *Höfer*, der Nestor der deutschen Erdölgeologen, die erste größere Arbeit über das Erdöl und seine Verwandten veröffentlicht. Erst 18 Jahre später kam die zweite Auflage in die Öffentlichkeit, heute liegt die vierte Auflage vor, welche sich in Einzelheiten von der dritten Auflage nur unwesentlich unterscheidet. Die Geotektonik ist gründlicher als in der dritten Auflage bearbeitet worden, ebenso die Engler-Höfer-Theorie von der Entstehung des Erdöles. Es werden erst einleitend die Bitumina nach ihrer Nomenklatur und Einteilung unterschieden, dann werden über die Vorkommen in den einzelnen Ländern die wichtigsten geschichtlichen Daten gebracht, ferner die *physikalischen* und *chemischen* Eigenschaften der Bitumina sowie die chemischen Eigenschaften ausführlich auseinandergesetzt und im fünften Abschnitt auf das Vorkommen der Bitumina (Erdöl, Erdgas, Erdwachs und Asphalt) eingegangen, wobei der Text durch zahlreiche Abbildungen unterstützt wird. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit der Entstehung des Erdöls unter besonderer Bezugnahme auf die bekannte, heute wohl von dem größten Teil der Geologen als wahrscheinlich richtig angenommene Theorie von *Engler-Höfer*. Ein für den Praktiker besonders wichtiges Kapitel ist jenes, das sich mit dem Schürfen befaßt. Endlich sind ausführliche statistische Daten über die Erdölerzeugung in den einzelnen Ländern dem Werke, das in der bekannten Ausführung des Verlags Vieweg erschienen ist, beigegeben. Einer Empfehlung bedarf dieses Werk, welches in den Fachkreisen zu den Standardwerken zählt, längst nicht mehr.

Leopold Singer, Wien.

Freudenberg, Wilhelm, Geologie von Mexico. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1921. VIII, 232 S., 29 Abbild. und 1 Tafel. 16 × 25 cm.

Professor *W. Freudenberg* aus Heidelberg bringt in diesem Werk ein ausführliches Bild über die geologischen Verhältnisse eines Gebietes, welches nahezu 2 Millionen km² umfaßt, bei einer größten Länge von 3126 km und einer größten Breite von 1226 km; sowohl eine umfassende morphologische Übersicht als Stratigraphie und Gebirgsbeschreibung werden wiedergegeben und insbesondere wird auf die eruptiven Gesteine und den Vulkanismus Rücksicht genommen. Für den Praktiker hat das Kapitel auf Seite 177, welches sich mit der geographischen und geologischen Verbreitung der Mineralöllagerstätten befaßt, besonderes Interesse, für den Mineralöltechniker insbesondere die Mitteilungen, welche in diesem Kapitel über das Vorkommen von Erdöl gemacht werden. Die für die Erdöl-exploitation hauptsächlich in Betracht kommenden Formationen sind Kreide und Tertiär, wobei die Schichtenfolgen von basaltischen Intrusionen jungtertiären oder frühquartären Alters durchschnitten werden. Es besteht also eine innige Beziehung zwischen vulkanischen Intrusionen und produktiven Ölgebieten. Der Berichterstatter hierüber (*Garfias*) führt aus, daß die

Intrusion auf die Beschaffenheit und Tektonik der intrudierten Schichten besonders wirkt und sie befähigt, große Ölmengen unter gewaltigem Gasdruck aufzunehmen und stellt diesbezüglich eine ganz bestimmte Theorie auf. Der Ursprung des Öles lag wohl in dem unterliegenden Kalkstein, doch wanderte dasselbe nach oben. Eine neue Darstellung des mexikanischen Erdölgebietes bringt White. Mit den Ölquellen sind Salzwasserhorizonte geologisch verknüpft, was den marinen Ursprung des Öles zu beweisen scheint. Unter den sonstigen Mineralien, die ausgeführt werden, sind praktisch insbesondere Kohle, Steinsalz, Schwefel, Quecksilber, Kupfer, Blei, Silber, Gold und Eisen von Bedeutung. Das Kapitel „Literatur“ besteht leider nur aus Hinweisen ohne Detaillierung, desgleichen wäre wohl eine geologische Übersichtskarte von Mexiko recht erwünscht.

Infolge des Umstandes, daß Mexiko heute wohl das hervorragendste amerikanische Gebiet ist, in welchem Deutsche mit Aussicht auf Erfolg sich wirtschaftlich betätigen können, wird das Buch gerade in deutschen Kreisen mit außerordentlichem Interesse aufgenommen werden. Die Ausstattung ist die bekannt mustergültige.

Leopold Singer, Wien.

Stiny, J., Technische Geologie. Stuttgart. F. Enke, 1922. XII, 789 S., 463 Textabbildungen und eine farbige geolog. Übersichtskarte von Mitteleuropa. 16 × 25 cm.

Das Werk — vorzüglich ausgestattet — will das fehlende „Lehrbuch der Technischen Geologie, welches auf die ungeheuren Fortschritte der Ingenieurwissenschaften und auch der Geologie in gleicher Weise Rücksicht nimmt,“ liefern. Einzeldarstellungen, wie über Grundwasser und Quellen (Hoefer), Steinbruchindustrie (Hermann) u. a. bestehen bereits. An einer Zusammenfassung fehlt es bisher. Keilhacks „Praktische Geologie“ ist ein Handbuch über die Untersuchungsmethoden und für den Geologen bestimmt, Rinow „Gesteinskunde“ lehrt nicht die Behandlung der Gesteine, sondern deren Entstehung und Eigenschaften, Wilfers „Grundriß“ ist bisher nur ein Abriß der angewandten Geologie. Stiny's Arbeit tritt also in eine Lücke, die immer fühlbarer geworden war, da die Meisterung und Ausnutzung des Erdbodens heute dringlicheres Erfordernis ist als je früher. Der Verfasser verfügt in der Geologie und den technisch-geologischen Fragen in den Ostalpen über große eigene Erfahrungen. Andere Gebiete sind nach der Literatur behandelt. In die allgemeine geologische Darstellung sind immer wieder technische Einzelheiten und Nutzenanwendungen eingestreut, die in dieser Fülle nur in langer, mühsamer Arbeit zusammengetragen werden konnten. Stiny hat sich da ein großes Verdienst erworben. Ohne dieses schmälern zu wollen, muß ich aber auf drei Erscheinungen in dem Buche hinweisen, die dem Leser immer wieder auffallen:

1. Das Buch gliedert sich in Allgemeine Geologie, S. 1—547, Geschichtliche Geologie mit Geländekunde, S. 549—701, und Einige Fälle der Anwendung der Geologie auf dem Gebiete des Bauingenieurwesens und der Steinbruchtechnik, S. 703—780. Die Seitenzahlen zeigen, wie die Gewichte verteilt sind. Toulas Lehrbuch der Gesamten Geologie, 3. Aufl., umfaßt nur 556 Seiten, und Kayser's Allgemeine Geologie in der 3. Auflage nur 825 Seiten. Man muß sagen, daß das Stiny'sche Werk mit einigem Zuschnitt unsere großen Geologielehrbücher ersetzen könnte. Ob aber nicht in diesem Vorzug gerade ein Nachteil für eine Technische

Geologie liegt? Das Wissen, das sich der Ingenieur über geologische Dinge aneignen kann, ist hier sehr weit gefaßt und dagegen sind die Fragen, die der Ingenieur an die Geologie zu stellen hat, zu kurz behandelt. Wenn die Gewichtsverteilung umgekehrt wäre, auf dem Technischen so viel läge wie auf dem rein Geologischen, dann wäre mit dem Buche wirklich die Lücke ausgefüllt, über die die Ingenieure klagen. Warum werden dem Ingenieur 56 Seiten über sterunkundliche und physikalische Geologie und mehr als 100 Seiten über Feuerbergerscheinungen dargestellt? Der Abschnitt über Anwendung der Geologie auf dem Gebiete des Bauingenieurwesens und der Steinbruchtechnik umfaßt nur 77 Seiten! Ich habe nach eigenen Erfahrungen mit Ingenieuren nicht den Eindruck, daß wir durch solche weitausholenden Bücher dem Techniker den Wert der Geologie für die Praxis so nahe bringen, wie wir es wünschen. Bei einem Umbau des Buches in der angedeuteten Richtung könnte es eine Technische Geologie werden; die Anlagen dazu hat es. In der vorliegenden Form aber ist es im wesentlichen, wenn wir vom letzten, kleinsten Hauptabschnitt absehen, ein Lehrbuch der Geologie mit Berücksichtigung technischer Fragen.

2. Das mitgeteilte Tatsachenmaterial muß dem wissenschaftlichen Stande zum mindesten bei Beginn der Drucklegung des Buches entsprechen. Dieser hat sich im vorliegenden Falle offenbar lange hingezogen, so daß manche Angaben schon als überholt bezeichnet werden müssen (z. B. daß Vulkane kein Wasser aushauchen, nach Bruns, oder beim Technischen die Vernachlässigung geophysikalischer Methoden für Aufschlußarbeiten u. v. a. m.). Ferner müssen sehr viele Unrichtigkeiten — die bei der ersten Auflage eines so umfangreichen Werkes ja leicht unterlaufen — ausgemerzt werden. Die Ausfüllung eines Bleiglanganges kann im Abschnitt Kristalline Schiefer nicht als Beispiel für ebenplattige Tracht abgebildet werden. Das führt irre. Häfelflinta ist ein kristalliner Schiefer; die Alpengrauite heißen Protogine, nicht Protogyne, u. v. a. m. Besonders bedarf der Abschnitt Geschichtliche Geologie einer genauen Nachprüfung der regionalen Angaben. Wenn ich bädische Hinweise, da sie mir eben am nächsten liegen, nachprüfe, so dürfen Weizen und Stüßlingen nicht als Schaumkalkzementorte genannt werden. Seite 614 heißt es: „Von den Schichten des Mittleren Muschelkalkes sind u. a. die sog. Hauptsteintegel der Mühlheimer und Freiburger Gegend des Wutachtals abbauwürdig; einen gefällig aussehenden, wetterbeständigen Baustein liefern auch örtlich gewisse Rachwacken der sog. Anhydritgruppe.“ Der Hauptsteintegel liegt nicht im Muschelkalk, sondern im Keuper; Mühlheim soll Müllheim heißen; Freiburg liegt nicht im Wutachtal, dieses zieht vielmehr drüber auf der Ostabdachung des Schwarzwaldes. Die „sog. Anhydritgruppe“ ist eine Bezeichnung für den gesamten germanischen mittleren Muschelkalk. Rachwacken heißen richtiger Rauchwacken; das Bezeichnende sind rauchartige Anfülle von Wad, nicht etwa die Rauigkeit. In diesen vier Zeilen sind vier oder fünf sachliche Unrichtigkeiten untergelaufen. Einige Zeilen weiter heißt es auf S. 614: „abgebaut werden (im oberen Muschelkalk) die Trochitenkalksteine und die hangenden oft von Resten der Kopffüßergattung Terebratula erfüllten sog. Terebratelschichten.“ Terebratula ist kein Kopf, sondern ein Armfüßer; außerdem liegen die abbaubaren Terebrateln im unteren Muschelkalk. Die Nodosuskalke sind im oberen Muschelkalk wichtig, sie werden

aber nicht erwähnt. — Bei Besprechung des Lias, speziell des Posidonienschiefers, schreibt der Verf.: „Die prächtige Erhaltung der Lebewesen in diesem aus Faulschlamm hervorgegangenen Schiefer hat bei Holzmaden einen schwunghaften Versteinerungshandel ins Leben gerufen.“ Der Posidonienschiefer kann nicht als Faulschlamm bezeichnet werden. Bei Holzmaden handelt es sich um Gewinnung von Kalktafeln für Tische, Wandverkleidungen usw. („Marmor“). Die dabei zutage kommenden Einschlüsse werden von Dr. h. c. Hauff sorgfältig mit wissenschaftlichem Verständnis präpariert und haben die wunderbaren Museumstücke des Schwäbischen Medusenhauptes und der Ichthyosaurier geliefert. „Schwunghafter Handel“ erweckt eine ganz falsche Vorstellung von der dort geleisteten Arbeit. — Beim Malm werden die Solenhofer Lithographenschiefer mit keinem Worte erwähnt. Die S. 635 genannten Malmkalke gehören nicht dem Oxford, sondern dem Korallen bzw. Rauracien an.

Diese Beispiele sachlicher Fehler wären leider leicht beträchtlich zu vermehren. Wenn es im badischen Teile so ist, wird es auch in anderen dem Verfasser „fremderliegenden“ Gebieten kaum anders sein. Das beeinträchtigt aber den Wert des Buches ganz außerordentlich. In den österreichischen Alpen ist *Stiny* zuhause; dort sind seine Angaben sicherlich zuverlässig, aber sogleich zu sehr ins Einzelne gehend. Im ganzen geschichtlichen Abschnitt wird der Techniker immer noch zu viel mit geologische Einzelnamen beschwert. Je mehr man die historische Geologie zusammenzieht, um so mehr müssen die Einzelheiten mit ihren unzähligen Namen fortbleiben und um so mehr die großen Zusammenhänge herauskommen.

3. Im ganzen Buche sind Fachausdrücke möglichst vermieden und an ihre Stelle Übersetzungen eingefügt, so z. B. für Maximalthermometer „Höchstbetragwärmemesser“, für Lava „Glutteig“, für Vulkan „Feuerberg“, für Vogesensandstein „Wasgensandstein“ usw. Abgesehen von den sprachlichen Unschönheiten entstehen durch solche Übertragungen von Fachausdrücken unklare, wenn nicht gar falsche Vorstellungen. Die Verwitterung unter dem Einfluß von Lebewesen wird unter der Überschrift „Gesteinbelebungen“ abgehandelt. Tiefenintrusionen als Feuerbergerscheinungen zu bezeichnen, geht wohl kaum an. Der Begriff Vulkanismus umfaßt eben viel mehr als nur die „Feuerbergerscheinungen“. Für Formation ist S. 554 Block eingesetzt. S. 555 ist auch Massiv des Urgebirges mit Block übersetzt. Das führt zu Mißverständnissen. S. 23 wird Meteorit mit Feuerkugelstein übersetzt. Wenige Zeilen nachher steht dafür Sternschnuppenstein, und es heißt: „Die eisernen Sternschnuppensteine heißen auch Feuerkugelsteine (Steinmeteoriten) schlechtweg.“ Die Fachausdrücke sind internationales Gut, das nicht nach Bedarf „mundgerecht“ gemacht, vergewaltigt werden soll. Zweifelloß muß die deutsche Sprache von vielem Fremdem, das uns die geschichtliche Entwicklung gebracht hat, wieder befreit werden; aber wenn es auf diese Art und auf diesem Wege versucht wird, fördern wir die Wissenschaft und den Schüler kaum. Im übrigen ist der Techniker aus seinem eigenen Beruf an fremdsprachliche Fachausdrücke gewöhnt.

Die Stärke des Buches liegt im letzten, vierten Hauptabschnitt, S. 703–797. Ebenso erfreuen die Abschnitte über die Wirkungen des Wassers und über Bodenbewegungen. Da kann auch der Fachgeologe noch vieles lernen. Es ist das eigentliche Arbeitsgebiet *Stinys*. Wenn die übrigen Teile des Buches in

gleicher Art wie diese behandelt werden, wird die Technische Geologie, die so sehr Bedürfnis ist, geschrieben sein. J. L. Wilser, Freiburg i. B.

Lippmann, E. O. von, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Berlin, Julius Springer, 1923. VIII, 314 S. und 2 Abbildungen im Text. Grundzahl 8; geb. GZ. 9,5.

Den bereits in den Jahren 1906 und 1913 erschienenen beiden Bänden „Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften“ läßt der unermüdlich tätige Verfasser diese neue Sammlung geschichtlicher Abhandlungen folgen. Sie umfaßt 36 während der Jahre 1913–1922 in verschiedenen Zeitschriften erschienene Aufsätze aus der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, beginnend mit den chemischen Papyri des dritten Jahrhunderts und endend mit einem Festausatz zum hundertjährigen Geburtstag *Robert Mayers*. Der großen Vielseitigkeit und der erstaunlichen Belesenheit des Verfassers ist es möglich, die Grenzen des bearbeiteten Gebietes außerordentlich weit zu spannen. Neben den grundlegenden Abhandlungen über die Entdeckung des Alkohols und der Mineralsäuren treffen wir z. B. Untersuchungen über Chemisches und Technisches bei *Dante*, über das Verhältnis von *Petrarca* zur Alchemie sowie über *Goethes* Faust. Und in der sechsten Abteilung, die der Geschichte der Zuckerindustrie gewidmet ist, fehlt auch nicht ein Aufsatz über „*Goethe* und die Zuckerfabrikation“.

Auf die Abhandlungen im einzelnen einzugehen, dürfte sich erübrigen. Jedem, der das Buch zur Hand nimmt, wird sich die Wahrheit des Wortes bestätigen: Wer vieles bringt, wird manchem etwas bringen. Die Verlagsbuchhandlung Julius Springer hat sich erneut ein großes Verdienst erworben, daß sie allen Schwierigkeiten zum Trotz ein solches Buch nicht nur gedruckt, sondern in solch ausgezeichnetem, unverändert friedensmäßigen Aufmachung herausgebracht hat. Das Buch ist der preußischen Akademie der Wissenschaften gewidmet, in Dankbarkeit dafür, daß dem Verfasser gelegentlich des Erscheinens seines großen Werkes über die Entstehung und Ausbreitung der Alchemie in Anerkennung seiner gesamten geschichtlichen Arbeiten von der Akademie die Leibniz-Medaille verliehen wurde.

Möchten uns noch manche Gaben aus dem reichen Wissensschatze und der unablässig wirksamen Forscherwerkstätte des Verfassers beschieden sein, so daß er in einigen Jahren wiederum einen stattlichen Sammelband der dankbaren Leserschaft darbieten kann.

Lockemann, Berlin.

Becker, Friedrich, Sternatlas. Nach der vierten Auflage von Littrows Atlas des gestirnten Himmels vollständig neu bearbeitet. Mit einer Einleitung von J. Plagmann. Berlin, Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung, 1923. 22 × 29 cm. Preis Gz. 6.

Littrows Atlas des gestirnten Himmels hat trotz mancher ihm anhaftenden Fehler ziemlich weite Verbreitung gefunden. Eine Neubearbeitung des vergriffenen Werkes darf darum begrüßt werden. Freilich der Hauptfehler, die unvollkommene Projektionsweise, die der Bearbeiter der zweiten Auflage vom Jahre 1853 schon selber bemängelt, und die eine übermäßig starke Verzerrung vieler Sternbilder in der Zeichnung zur Folge hat, ist belassen worden. Als Verbesserung kann die Stellung des Gradnetzes auf das Äquinocinium 1940,0, die Fortlassung der Figuren

der Sternbilder und die Zeichnung der Milchstraße nach den Beobachtungen von *Heis* und *Gould* gebucht werden. Eine Verschlechterung dagegen hat die drucktechnische Ausstattung erfahren. Das Prinzip *Littrows*, Sterne durch Kreise zu bezeichnen, deren Durchmesser Funktionen der Helligkeit sind, ergab ein sehr deutliches und auch ästhetisch überaus schönes Kartenbild. Die konventionellen Sternchen und Kreuze der neuen Ausgabe bringen die Helligkeitskontraste für das Auge weniger zum Ausdruck und erzeugen ein unruhiges und verwaschenes Kartenbild.

Auch die Beschriftung ist — im Gegensatz zu den früheren Auflagen — oft undeutlich.

Statt der veralteten Zeichnungen in den früheren Auflagen sind acht Bilder von Sternhaufen und Nebelflecken nach modernen photographischen Aufnahmen beigegeben. Ferner ist der Atlas um eine Mondkarte nach *Lohrmann* und *Mädler* bereichert. Die leichtfaßlich geschriebene Einleitung, besonders die ausführliche Anleitung zum Alignment wird Anfängern das Aufsuchen der Sterne am Himmel sehr erleichtern.

R. Pfäfer, Berlin-Neubabelsberg.

Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 1922:

12. Januar.

Das w. M. Hofrat E. Lecher überreicht zur Aufnahme in die Sitzungsberichte eine Arbeit von *Artur Boltzmann* und *Alfred Busch*: **Über die Abhängigkeit der Lichtstärke der Hefnerlampe vom Luftdruck.** Die Verfasser untersuchten im Auftrage der österreichischen Normal-Eichungs-Kommission im Sommer und Herbst 1913 die Hefnerlampe in Stationen verschiedener Höhe, und zwar in *Wien* (165 m), *Böckstein* (1125 m), *Moserboden* (1965 m) und *Hoher Sonnblick* (3100 m). Die Versuche ergaben eine für die vierte Dezimalstelle sichere Bestätigung des von *Butterfield*, *Haldane* und *Trotter* angegebenen Einflußkoeffizienten des Luftdruckes von der Größe 0,0004 HK pro Millimeter Quecksilber, unabhängig davon, ob zur Reduktion auf Normalfeuchtigkeit und Normalkohlensäuregehalt die von *Lichenhal* angegebenen Einflußkoeffizienten oder die von den Verfassern selbst aus den Anomalien der Lichtstärke in Wien gerechneten Einflußkoeffizienten verwendet wurden.

Universitätsdozent Dr. *Robert Dietz* in Wien überreicht eine Abhandlung mit dem Titel: **Die Verteilung der Helligkeit auf der Sonnenscheibe und die Temperaturschichtung in der Sonnenatmosphäre.** Nach den geläufigen Anschauungen besteht die Sonne aus einem Kern hoher Temperatur und einer kühleren Gashölle. Neue Forschungsergebnisse zwingen dazu, die Annahme eines Kernes mit festliegender fester oder flüssiger Oberfläche dahin abzuändern, daß, soweit unser Blick in die Sonne dringt, der Kern ebenfalls eine Gasmasse ist, welche nur infolge ihrer Mächtigkeit wie eine jede hinreichend dicke Gasschicht ein kontinuierliches Spektrum liefert. Die so errechnete Abnahme der Helligkeit von der Scheibenmitte zum Sonnenrand stimmt sehr gut mit *Abbotts* Messungen überein.

26. Januar.

Kopftransplantation an Insekten. III. Einfluß des replantierten Kopfes auf das Farbkleid anderer Körperteile von *Walter Finkler*. Nach Transplantation eines Hydrophiluskopfes auf *Dytiscus marg.* verschwindet der gelbe Randstreifen vollständig. Das früher braune, glänzende Chitin wird schwarz und matt. Wird aber der Kopf von einer *Notonecta glauca*, deren Flügeldecken experimentell pigmentiert worden waren, auf eine normale *N. glauca* transplantiert, so vermag das Transplantat an der nicht pigmentierten *N. glauca* Färbung und Zeichnung hervorzurufen. Werden Köpfe von Stabheuschrecken (*Dixippus*) von grünen auf braune Individuen transplantiert, so nimmt der Körper die grüne Blendungsfarbe an, die beständig bleibt. Bei Replantation brauner Köpfe auf schwarze Körper nimmt letzterer zuerst die grüne Blendungsfarbe für zwei Wochen an und wird dann braun. Die Larven der Mehlkäfer (*Tene-*

brio) nahmen stets eine einheitliche Färbung an, die der Farbe des neuen Kopfes entsprach. Wurden Kopfteile von hellen auf dunkle Schmetterlingspuppen (*Vanessa Io* u. *urticae*) replantiert, so zeigte sich, daß zuerst die am Stocke verbliebenen distalen Fühlergelenke, später verschiedene andere Teile der Puppe die Färbung des Kopfes annahmen.

Die Puppenfärbungen des Kohlweiblings, *Pieris brassicae* L. Achter Teil: Die Farbanpassung der Puppen durch das Raupenauge, von *Leonore Brecher*. Wurden die Augen verpuppungsreifer Raupen mit gelbem Lack überstrichen und die Tiere in neutraler Umgebung aufgestellt, so entstanden vorwiegend die für gelbe Umgebung charakteristischen grünen Puppen. Überstreichung der Augen mit blauer Farbe hatte die Entstehung durchweg mittlerer Puppen, wie sie auch in blauer Umgebung entstehen, zur Folge. Papiere von vollkommen gleichem Helligkeitswert (nach *Hering*) ergaben als Verpuppungshintergrund dem Farbtypus nach grundverschiedene Puppen: so entstanden auf Gelb (*Hering* Nr. 4) durchweg die typischen grünen durchsichtigen Puppen ohne schwarze Fleckenzeichnung, dagegen auf Grau der gleichen Helligkeit (Grau = Gelb Nr. 4) keine grünen, sondern die neutralen Bedingungen entsprechenden grünlich-grauweißen opaken Puppen mit ausgesprochener schwarzer Fleckenzeichnung — mittlere Puppen.

Die Puppenfärbungen der Vanessiden. II. von *Leonore Brecher*. Wurden Raupen mit farbig überstrichenen Antennan statt in neutraler Umgebung unter farbigen Sennebiereischen Glocken zur Verpuppung aufgestellt, so zwar, daß Raupen mit gelb lackierten Augen unter blauer (Kupferoxydammoniak), die mit blau überstrichenen Augen unter gelber (Kaliumbichromat) Glocke kamen, so ergaben die Raupen mit gelb lackierten Augen unter blauer Glocke zur Hälfte goldgrüne Puppen (*Jo*) bzw. durchweg Goldpuppen (*articae*), also für gelb charakteristische Puppen. Die Verwendung von ihrem Farbton und Sättigungsgrad nach bestimmten Farbpapieren (nach *Hering* und *Wilhelm Ostwald*) ergab nur in Gelb die Goldpuppen (*articae*), während von der Grauserie kein einziges eine ähnliche Wirkung wie Gelb hervorgebracht hat. Reines Blau ergab keine ganz dunklen, jedoch dunklere Puppen als das ihm in der Helligkeit entsprechende Grau.

Die virtuelle und reelle Lage des Amphibienembryos nach natürlichen und künstlichen Marken am Ei des Alpenmolches, *Molge alpestris*, von *Hans Przibram*. Beim Alpenmolche kommen Eier vor, deren nach aufwärts gerichteter Pol inmitten der pigmentierten Kallotte durch eine Stelle anderer Farbe ausgezeichnet ist. Dieses „Zenitfeld“ bleibt bei der Furchung mehr oder minder lange sichtbar. Die erste Furche teilt es entweder symmetrisch und wird dann zur Mediane, oder

sie geht asymmetrisch neben dem Zenitfelde durch, worauf dieses jeweils bloß einer Blastomere zugeteilt wird. Wird das Zenitfeld mit einer Glasnadel angestochen, so erscheint eine dadurch permanent hell bleibende Stelle oder eine Hernie, welche der Nackengegend des sich sonst normal entwickelnden Embryos aufsitzt. Hat man durch Anlegen einer Haarschlinge die Lage des sich bildenden Embryos festzulegen gesucht, so kommt der Kopf desselben über derjenigen Seite des Äquators zu liegen, die der Verschwindungsstelle des Zenitfeldes entgegengesetzt ist, so daß der Nacken ihr selbst gegenüberliegt. Will man von einem „virtuellen“ Embryo im ungefurchten Ei sprechen, so läge dessen dorso-anteriore Nackengegend aufwärts, während der sich entwickelnde „reelle“ Embryo durch Absinken der ursprünglich oben liegenden stärker pigmentierten Kalotte mit der caudalen Partie des Rückens nach aufwärts gekehrt ist.

Über Fällungsreaktionen in Chlorophyll- und anderen Farbstofflösungen, von *M. Eisler* und *L. Portheim*. (Vorläufige Mitteilungen.) Werden mit 95 % Alkohol erzeugte Extrakte aus grünen Blättern in gewissen Mengenverhältnissen mit wässrigen Auszügen aus Blütenblättern derselben oder einer verschiedenen Pflanzenart zusammengebracht, so kommt es zunächst zu einer Trübung und später zu einer flockigen Fällung. Dieselbe Veränderung tritt durch den Zusatz wässriger Extrakte aus Kotyledonen und Wurzeln sowie von tierischem Eiweiß (Pferdeserum) ein. Untersuchungen über die Natur der an dem Fällungsprozeß beteiligten Körper haben ergeben, daß in den alkoholischen Extrakten der grüne Farbstoff, in den wässrigen die Eiweißstoffe in Betracht kommen.

Das w. M. Hofrat *E. Lecher* legt eine Arbeit von Prof. Dr. *Friedrich Kottler* in Wien vor, betitelt: **Newtonsches Gesetz und Metrik**. Es wird die alte Frage nach dem Zusammenhang des Newtonschen Ataktionsgesetzes mit der geometrischen Natur unseres Raumes behandelt. Es wird gezeigt, daß vom Standpunkt der Feldphysik das Newtonsche Gesetz bzw. die Laplacesche Differentialgleichung, deren Integral es ist, aus gewissen Integralsätzen entspringt, die ein zweifaches Integral über eine geschlossene Oberfläche mit einem dreifachen Integral über deren Inneres verknüpfen, und die durchaus keinen metrischen Charakter haben. Jene Frage muß also verneinend beantwortet werden; reine Feldphysik und Metrik sind voneinander unabhängig.

Prof. Dr. *Robert Sterneck* aus Graz überreicht eine Abhandlung mit dem Titel: **Schematische Theorie der Gezeiten des Schwarzen Meeres**. Die Arbeit behandelt den Idealfall eines rechteckigen Beckens konstanter Tiefe. Unter der Einwirkung der fluterzeugenden Kräfte entsteht eine Ostwest- und eine Nord-süd-schwingung, zu denen dann infolge der ablenkenden Kraft der Erdrotation noch eine weitere Nord-süd- bzw. Ost-west-schwingung hinzutreten. Die Zusammensetzung ergibt bei den Halbtagzeiten eine Amphidromie im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers (in vollem Einklang mit den vom Verfasser in den Jahren 1912 und 1913 an den Küsten des Schwarzen Meeres beobachteten Hafenzeiten), bei der Eintagszeit K_1 aber eine solche mit entgegengesetztem Umlaufsinn.

Dr. *Gustav Klein* legt eine im Pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität ausgeführte Arbeit vor, unter dem Titel: **Der histochemische Nachweis der Flavone**. Es ist gelungen, eine einheitliche Methode zur Kristallisation der ganzen Körperklasse auszuarbeiten. Die Halogensäuren, besonders Salzsäure, scheiden, wenn man sie unter dem Sublimationsring bei ca. 40° Wärme auf flavonhaltige Gewebstückchen einwirken läßt, diese Stoffe lokalisiert in schön kristallisierter Form ab. Damit ist die Möglichkeit gegeben, diese weitverbreitete Gruppe von Pflanzenstoffen histochemisch zu verfolgen, zu bestimmen und die vielfachen Verwechslungen mit anderen Stoffen, besonders Gerbstoffen, zu vermeiden.

23. Februar.

Das w. M. G. *Jäger* überreicht eine von Frau Dr. *Alice Duschek* (Frankfurt) im II. Physikalischen Institut der Wiener Universität ausgeführte Arbeit über: **Die Helligkeitsunterschiedsempfindlichkeit in ihrer Abhängigkeit vom Orte der Farbe im Farbraum**. Zweck der Arbeit war die Bestimmung der Helligkeitsunterschiedsempfindlichkeit in ihrer Abhängigkeit von den drei Farbeigenschaften: Farbton, Sättigung und Helligkeit, womit eine der zur Farbmimetrik auf physiologischer Grundlage nötigen Angaben gewonnen ist, nämlich die Möglichkeit, an jeder Stelle des Farbenraumes die Helligkeitsunterschiedsempfindlichkeit anzugeben. Die verschiedenen Farbtöne lieferten geeichte „Heringsche Pigmentpapiere“, die verschiedenen Sättigungen wurden durch Zumischen von Weiß mit dem Farbkreis erzielt und die Variation der Helligkeit erfolgte durch Änderung der Beleuchtungsstärke (rotierender Sektor). Die Untersuchungsmethode beruhte auf dem „Eben-nach-Wahrnehmen“ eines bewegten Schattens (beidäugig beobachtet). Es ergab sich: Die relative Unterschiedsempfindlichkeit für Helligkeiten, y , läßt sich als Funktion der Helligkeit H darstellen durch $y = A + B \log H$, worin $B = \varphi(\lambda) - D$, S eine Funktion des Farbtones λ und der Sättigung S ist, $\varphi(\lambda)$ hat Maxima in Grün und Rot, Minima in Blau und Gelb.

Das w. M. Hofrat *E. Lecher* legt eine Arbeit von Prof. Dr. *F. Kottler* vor mit dem Titel: **Maxwellsche Gleichungen und Metrik**. Die vorliegende Arbeit ist die Fortsetzung der vorangegangenen Arbeit des gleichen Verfassers: „Newtonches Gesetz und Metrik“. Der Grundsatz der Unabhängigkeit der reinen Feldphysik von der Metrik der betreffenden Mannigfaltigkeit, in welcher die Feldvorgänge stattfinden, wird hier an den Maxwellschen Gleichungen der Elektrodynamik erhärtet, die sich auf eine gleichfalls von aller Metrik unabhängige Gestalt bringen lassen, wie dies schon beim Newtonschen Attraktionsgesetz gezeigt worden war.

Das k. M. Prof. *Felix M. Exner* legt folgende Arbeit vor: **Zur physikalischen Auffassung der Gefällskurve von Flüssen**. Die allmähliche Ausbildung des Längenprofils eines Flusses führt zur „Normalgefällskurve“, die durch stetige Abnahme des Gefälles flußabwärts charakterisiert ist. Die doppelte Rolle, die das fließende Wasser für die Unterlage spielt, die Abtragung und die Verschiebung der beweglichen Massen läßt eine physikalische Überlegung über diesen Vorgang zu.

9. März.

Dr. *F. Göller* übersendet eine Abhandlung: **Kältewellen im Gebiete des Kaspischen Meeres**. Die Untersuchung des Ablaufes von Kältewellen im Gebiete des Kaspischen Meeres ergab, daß in der kälteren Jahreszeit die große Wasserfläche stark erwärmend auf die darüberfließenden kalten Luftmassen wirkt, wobei die Erwärmung sich nur auf die unteren Schichten der Kältewelle erstreckt. Der Einfluß der Wasserfläche erweist sich als bedeutender als die Schutzwirkung des benachbarten Kaukasusgebirges.

23. März.

Das w. M. R. *Wegscheider* überreicht zwei Arbeiten aus dem Laboratorium des Prof. *Zellner* an der Staatsgewerbeschule Wien, XVII.

1. **Zur Chemie der höheren Pilze. XVI. Mitteilung. Über Pilzlipide**, von *Rudolf Rosenthal*. Die Arbeit soll einen Beitrag zur Kenntnis der in den Pilzen vorkommenden Sterine und Cerebrine liefern. Es wird gezeigt, daß die zahlreichen, in Pilzen gefundenen Sterine Gemische einiger weniger chemischer Individuen sind.

2. **Beiträge zur vergleichenden Pflanzenchemie. IV. Über *Juncus effusus* L.**, von *Julius Zellner*. Die chemische Untersuchung dieser Pflanze, die einer bisher fast gar nicht untersuchten Ordnung angehört, ergab das Vorhandensein von fett- und wachsartigen

Stoffen, Traubenzucker, cholinartigen Basen, Phlobaphen, Alkalichloriden, reichlichen Mengen von Membranstoffen, darunter viel Pentosanen, hingegen nur geringer Mengen wasserlöslicher Polysaccharide und Proteide. Spezifische Stoffe konnten nicht gefunden werden.

6. April.

Die Replantation von Augen. V. Resultate der anatomischen Untersuchung von transplantierten Augen, von *Walter Kolmer*. Die Augen von den in den Mitteilungen von *Koppányi* angeführten Tieren wurden histologisch untersucht. Es zeigte sich bei Homoiotransplantaten der Kaltblütler, daß auch nach Monaten ein großer Teil aller Elemente und Schichten der Netzhaut morphologisch genau wie in normal funktionierenden Augen erhalten blieb. Der anatomisch zusammenhängende Sehnerv führte färbare, wahrscheinlich regenerierte Fasern, die sich bis ins Chiasma verfolgen ließen. Bei Säugern (Ratten Homoioplastik, Kaninchen Autoplastik *Kolmers*) fanden sich nach zwei Monaten in den Augen alle Schichten der Netzhaut teilweise erhalten. Bündel von Opticusfasern ließen sich bis ins Chiasma verfolgen.

Die Replantation von Augen. VI. Wechsel der Augen und Körperfarbe bei Anamniern, von *Theodor Koppányi*. Der Wechsel der Augenfarbe kommt in manchen Tierarten normalerweise vor, während der Ontogenese des Feuersalamanders, wobei der gelbe Irisring pigmentiert (melanisiert) wird. Es wurden larvale Salamanderaugen in die Orbita arterwachsener Teichmolche verpflanzt, und es zeigte sich dabei, daß nach einigen Wochen eine totale Irispigmentierung eintrat. Das in die Orbita des Feuersalamanders verpflanzte Karaschenaug bekam eine dunkel pigmentierte Regenbogenhaut. Die Kontrollversuche wurden derart angestellt, daß *Molge vulgaris*-Augen auf pigmentierte und albinotische Exemplare der Axolotllarve verpflanzt wurden. Diese Augen wiesen nach Wochen eine starke Veränderung der Irisfarbe auf (ein Teil der goldglänzenden Iris wurde dunkel gefärbt), sowohl an den pigmentierten, als auch an den albinotischen Individuen. Bei der alleloplastischen Replantation der Siredon-Augen ergab sich, daß der Augenhintergrund albinotischer Augen in wenigen Tagen pigmentiert wird. Die Verpflanzung der Augen auf die Nackengegend der Unke hebt die Blendungsfarbe keineswegs auf, wohl aber kann sie rückgängig gemacht werden, mittelst funktioneller Augenübertragung in der Orbita, wobei es zu einer Aufdifferenzierung der Netzhaut und zum Anschluß des spezifischen Nerven kommt.

Die Replantation von Augen. VII. Dressurversuche an Ratten mit optisch verschiedenen Futtergefäßen, von *Auguste Jellinek*. Um weitere Beweise für die Sehfähigkeit der von *Th. Koppányi* transplantierten Rattenaugen zu erhalten, wurden Dressurversuche an normalen Ratten, blinden und solchen mit transplantierten Augen ausgeführt.

a) *Normale*. Die Ratten wurden dann auf Unterscheidung weißer Porzellan- und farbiger Glasgefäße von gleicher Form dressiert und lernten diese Unterscheidung alle in zirka 12 Tagen.

b) *Blinde*. Blinde Ratten waren auch nach monatelanger Dressur nicht fähig, das Futtergefäß auf direktem Wege ohne längeres Herumsuchen zu finden.

c) *Ratte mit transplantierten Augen*: Die Ratte mit transplantierten Augen lernte die Unterscheidung eines weißen Porzellangefäßes von einem blauen Glasgefäß innerhalb von 16 Tagen. An den letzten 3 Tagen der Dressur ergaben sich fortlaufende Serien von je 10 richtigen Resultaten.

Die Replantation von Augen. VIII. Hetero- und Dysplastik, von *Theodor Koppányi*.

Die Möglichkeit der Herstellung heteroplastischer Verbindungen im Tierreiche wurde oft untersucht und es ergab sich immer, daß solche auch bei den Wirbellosen sehr eng begrenzt sind. Die Augen, die eine in die Tunica fibrosa eingeschlossene Kugel darstellen, sind

zum Zwecke der Verpflanzung besonders günstig. In der Klasse der Fische gelingt die heteroplastische Augenreplantation zwischen Carassius- und Alburnusarten; in der Klasse der Amphibien zwischen Molge und Salamandra. Molgeaugen auf Siredonarten und umgekehrt aufgepfropft, heilen tadellos ein. Die Dysplastik wurde zwischen Individuen der Salamandra maculosa und Carassius vulgaris ausgeführt. Günstige Resultate lieferte die Überpflanzung des Trutta fario-Auges in die Augenhöhle des larvalen Salamanders.

Das w. M. Hofrat *G. Jäger* überreicht eine Abhandlung von Dr. *Adolf Smekal* mit dem Titel: **Versuch einer allgemeinen, einheitlichen Anwendung der Quantentheorie und einer Quantentheorie der Dispersion.** (Vorläufige Mitteilung.) Die bisherigen Anwendungen der Quantenpostulate (I. Existenz stationärer Zustände, II. Bohrsche Frequenzbedingung, III. Korrespondenzprinzip, IV. Festlegung des untersten Quantenzustandes) beschränken sich allein auf prinzipiell isolierbar gedachte, aus positiven und negativen Elementarladungen bestehende Gebilde (Atome, Molekeln, Einzelkristalle). Alle Wechselwirkungen zwischen solchen Gebilden werden also als unter Umständen vernachlässigbar gering angesehen und darum namentlich die gegenseitige Translation dieser Gebilde klassischen Gesetzen unterworfen, während die Strukturen dieser Gebilde selbst prinzipiell andersartigen, eben den Quantengesetzen gehorchen sollen. Die prinzipielle Gleichartigkeit aller die genannten Gebilde aufbauenden Ladungen verbietet jedoch eine solche prinzipielle Abgrenzbarkeit der Gebilde gegeneinander. Unterwirft man somit auch diese Wechselwirkungen der gewöhnlich als selbständig gedachten Gebilde (Atome, Molekeln, Ionen, Einzelkristalle) den Quantenpostulaten, so hat man diese gewohnte, mehr oder minder willkürliche Abgrenzung der Gebilde außer acht zu lassen und die Bewegung aller Elementarladungen in einem beliebig großen Raumteil der Welt als prinzipiell einheitliches Quantenproblem aufzufassen. Die Natur der einzelnen diskreten Quantenzustände erschließt man dann ähnlich wie bei einem beliebig komplizierten Atom, Molekül oder Kristall: in jedem Fall handelt es sich um Partikularlösungen des zugehörigen mechanischen Bewegungsproblems, welche eine Entwicklung nach endlich vielen unabhängigen Perioden einer mehrfachen Fourierschen Reihe zulassen, deren genauere Auswahl durch die Schwarzschildsche Form der Quantenbedingungen und das Korrespondenzprinzip festgelegt wird. Die Ladungen der Einzelatome, -molekeln, -ionen sind jetzt nicht mehr bloß untereinander durch Quantenvorschriften aneinandergebunden; doch haben die elektrischen Eigenschaften dieser Gebilde zur Folge, daß die zwischenmolekularen Quantenbindungen die Eigenfrequenzen dieser Gebilde im allgemeinen nur unmerklich gegenüber jenen an den isoliert gedachten Gebilden errechneten Frequenzen verändern. Nur bei der Verbreiterung der Spektrallinien bei Dispersion und Beugung kommen diese Abweichungen merklich zur Geltung. Die Frequenzen der zwischenmolekularen Quantenbindungen erfüllen die Gesamtheit aller denkbaren positiven Werte innerhalb weiter Grenzen praktisch überall dicht. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes ermöglicht die vorgeschlagene Anwendung der Quantenpostulate eine völlig einheitliche Erklärung aller spektralen Erscheinungen von den Linien- und Bandenspektren bis zu den kontinuierlichen Spektren und der Wärmestrahlung. Sie bewährt sich, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann, aber auch bei anderen Fragen von prinzipieller Tragweite; so enthält sie die wichtige Theorie der Reaktionsgeschwindigkeiten von *M. Polanyi* als spezielle Folgerung in sich. Versucht man auf Grund der vorgenommenen einheitlichen Anwendung der Quantentheorie den Fragen der Lichtausbreitung näherzutreten, so erheben sich die alten Schwierigkeiten der bisherigen Quantentheorie, vor allem Strahlungsfreiheit der stationären Quantenzustände und mangelnde Lokalisierung der Lichtemission,

in verschärfter Form. Das prinzipiell unzertrennbare Netz der zwischenmolekularen Quantenbindungen ermöglicht — wie dies schon, freilich in ganz anderer Form, W. Schottky zu umreißen versucht hat — eine quantentheoretische Umdeutung der Lorentz-Ritzschen Darstellung aller Feldvorgänge der Maxwell'schen Theorie, die sich ausschließlich auf die gegenseitigen Wirkungsänderungen der materiellen Teilchen (der Elementarladungen) bezieht. Die Wechselwirkungen der positiven und negativen Elektronen dürfen strenggenommen nicht mehr nach dem zeitlos wirkenden Coulombschen Gesetze, sondern nach retardierten Potentialen angesetzt werden; die notwendige Strahlungsfreiheit der Quantenbahnen erfordert dann freilich Abweichungen von der strengen Form des Coulombschen Gesetzes in der unmittelbaren Nähe (10 bis 12 cm) der Elementarladungen, doch hat man seit den Betrachtungen von W. Lens und dem Verfasser über den Energieinhalt der Atomkerne mit dieser Möglichkeit bereits zu rechnen begonnen. Geht nun irgendwo in der Welt ein „Quantenübergang“ vor sich, so breitet sich die so verursachte, nur im gewissen Sinne als „lokal“ zu bezeichnende Veränderung mit Lichtgeschwindigkeit derart über das Netz der intra- und zwischenmolekularen Quantenbindungen aus, daß nach Ablauf einer gewissen Lichtzeit, gemessen von einer bestimmten Bezugselementarladung aus, diese Störung wieder endigt, indem das emittierte Lichtquant durch einen bestimmten anderen „Quantenübergang“ wieder absorbiert wird. Äther- und Feldbegriff werden für diese Vorstellung von der Art der Lichtausbreitung völlig entbehrlich. Normale und anormale Dispersion (und ähnlich die Beugung) finden ihre Erklärung in den Verschiedenheiten jener Quantenbindungen, die von der Ausbreitung jener Störung, welche die Emission und Wiederabsorption eines Lichtquants durch die Welt bedeutet, quantitativ am meisten betroffen werden.

7. Mai

Das w. M. Hofrat Prof. Dr. A. Durig überreicht folgende Arbeit: **Über den Einfluß dauernder elektrischer Durchströmung auf Fische**, von Ferd. Schemmizky in Wien. (Aus der biologischen Station am Lunzersee, Niederösterreich, und dem physiologischen Institut zu Wien.) Die durch den elektrischen Gleichstrom getöteten Eier von *Salmo lacustris* werden trüb. Die Empfindlichkeit der Eier sinkt im Laufe der Entwicklung auf ein Zehntel. Unbefruchtete Eier bewahren die ursprüngliche Empfindlichkeit. Die Eifrüfung ist durch den Globulinausfall bedingt. Die mit den gerade nicht mehr tödenden Stromstärken behandelten Embryonen sind früher geschlüpft. Dies ist durch eine Membranzerstörung bedingt. Die histologische Untersuchung zeigt keine Entwicklungsunterschiede. Vom 38. Tag nach der Befruchtung kann Galvanotropismus im Ei ausgelöst werden.

11. Mai

Das k. M. Prof. O. Abel übersendet folgenden vorläufigen Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Ausgrabungen in der Drachenhöhle in Steiermark von Dr. Kurt Ehrenberg: **Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen über die Gebißentwicklung und den Zahnwechsel beim Höhlenbären aus der Drachenhöhle bei Mixnitz**. Die zahlreichen Funde von Resten junger Exemplare von *Ursus spelaeus* Ros. in der Drachenhöhle bei Mixnitz in Steiermark, die den verschiedensten Entwicklungsstadien angehören, haben es ermöglicht, die ontogenetische Entwicklung dieser Art zu verfolgen.

Prof. F. Aigner übersendet eine Abhandlung, betitelt: **Zur Resonanztheorie des Farbensehens**. Der Versuch, unter Benutzung des Zahlenmaterials der König-Dietrich'schen Grundempfindungskurven durch Transformation ein Eichfarbentripel zu finden, für das

sich die Gestalt der Eichkurven in Resonanzkurven verwandelt, liefert für das Mitschwingungsmaximum der Rotresonatoren die Stelle des Blaukomplementes der Grundempfindungen, für das der Grünresonatoren die Wellenlänge der maximalen Zapfenkurvenordinate. Der Blauresonator ist ein gekoppeltes Gebilde aus zwei im ungekoppelten Zustand auf das Rotkomplement abgestimmter Resonatoren.

18. Mai

Das k. M. Prof. Stefan Meyer übersendet eine Abhandlung, betitelt: **Die Zahl der von einem α -Teilchen von RaC erzeugten Ionenpaare**, von Hilda Fonóvits-Smerekker. Die bisherigen Bestimmungen der Zahl n der Ionenpaare, die von einem α -Strahl erzeugt werden, haben noch zu keinem definitiven, verlässlichen Resultat geführt. Zuletzt fand H. Geiger auf indirektem Wege für RaC $n = 2.37 \cdot 10^5$. In vorliegender Arbeit wurde auf direktem Wege die Zahl n für RaC in Luft gemessen, und zwar durch Bestimmung des Sättigungsstromes einer mit RaC einseitig aktivierten Metallfolie und des Radiumäquivalents dieser Folie durch Vergleich mit einem Radiumstandardpräparat. Das Mittel aus 15 Messungsreihen ergab:

$$n = 2.20 \pm 0.02 \cdot 10^5$$

Aus der Geigerschen Beziehung $n = n_0 R_0^{3/2}$ wurde für alle anderen α -strahlenden Substanzen die Zahl n berechnet.

Das k. M. Fritz Kerner-Marilaun überreicht eine Arbeit mit dem Titel: **Das akryogene Seeklima und seine Bedeutung für die geologischen Probleme der Arktis**. Es wird gezeigt, daß die verschiedenen Berechnungen des reinen Seeklimas für die hohen Breiten zu tiefe Werte ergeben, weil die ihnen zugrundeliegenden Temperaturen im Südpazifik durch Fernwirkungen der Antarktis etwas herabgemindert sind und die zonale Wärmeänderung für eine durch polare Gletscherbedeckung unbeeinflusste Wasserhalbkugel, das „akryogene“ Seeklima bestimmt.

26. Mai

Das w. M. Hofrat Prof. Hans Molisch legt eine von Oberbaurat Ing. Richard Baecker im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien durchgeführte Arbeit vor, unter dem Titel: **Über ausziehbare Gefäß- und Bastbündel und Schraubenbänder**. Die Ausziehbarkeit der Fibrovassalbündel und Zentralzylinder ist auf das Vorhandensein eines geschlossenen, im Querschnitt einfach (meist kreisförmig) konturierten, aus dickwandigen Zellen bestehenden Stereomzylinders sowie darauf zurückzuführen, daß die radialen Membranen der Zellen des an das Stereom unmittelbar anschließenden Gewebes sehr dünnwandig, in einzelnen Fällen sogar mit feinen Tüpfeln versehen sind.

16. Juni

Das w. M. Felix M. Erner überreicht folgende Arbeit: **Zur Theorie der Hochwässer, Wanderwellen auf Flüssen und Kaltluftwellen in der Atmosphäre**. Die Wellenbewegungen strömender Flüssigkeiten, sei es Wasser oder Luft, werden in der Natur durch so vielfache Einflüsse in ihrer regelmäßigen Erscheinung behindert, daß es nicht lohnt, stets die strenge Hydrodynamik auf sie anzuwenden, die über das Verhalten jedes einzelnen Flüssigkeitsteilchens prinzipiell Aufschluß zu geben bestrebt ist. Es wurde daher versucht, eine vereinfachte, gröbere Darstellungsweise zu finden, die wesentlich darauf beruht, daß als Massenelement einer strömenden Flüssigkeit jene Masse angesehen wird, die vom Flußbett, der Oberfläche und 2 Querschnitten durch den Fluß begrenzt sind. Damit lassen sich auf einfache Weise angenäherte Berechnungen der Wellenerscheinungen durchführen, auch mit Berücksichtigung der äußeren Reibung.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 22. (Seite 413—436.)

1. Juni 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Rekristallisation von Metallen. Von *G. Masing*,
Berlin. (Mit 11 Abbildungen.) S. 413.

Über Ursprung, Schicksal und Höhe des Blutzuckers. Von *E. J. Lesser*, *Mannheim*. S. 422.

Geschlechtsgebundene und geschlechtsbegrenzte Vererbung bei Fischen. Von *Theo J. Stomps*,
Amsterdam. S. 426.

Das physikalische Institut der Universität Leiden in den Jahren 1904 bis 1922. S. 429.

Besprechungen:

Heim, Alb., Geologie der Schweiz. Bd. II, 2. Hälfte.
Von *J. Fröh*, *Zürich*. S. 430.

Schroeter, C., Das Pflanzenleben der Alpen.
2. Auflage. 1. Lieferung. Von *G. Weißhuhn*,
Berlin. S. 430.

Thurnwald, Richard, Psychologie des primitiven

Menschen. (Handbuch der vergleichenden Psychologie: Band I.) Von *E. M. v. Hornbostel*,
Berlin-Steglitz. S. 431.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. 26. Jahrgang. Von *Arn. Berliner*, *Berlin*. S. 432.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

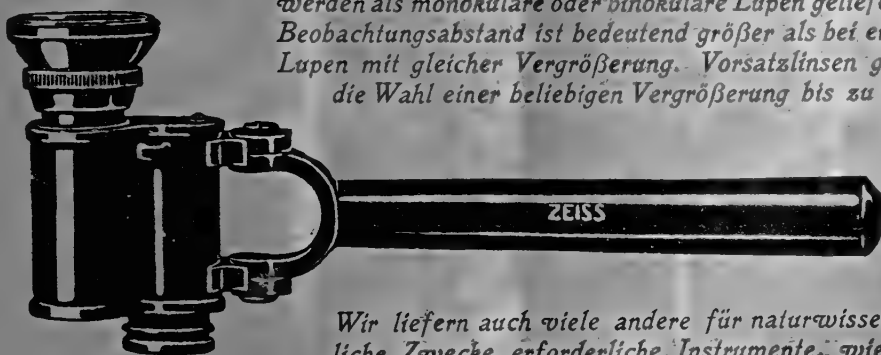
Bemerkung über die Spektren der Alkalien.
Von *C. Runge*, *Göttingen*. S. 433.

Über die Schwingungsdifferenz der Linien des Dublets. Von *Friedrich Paschen*, *Tübingen*.
(Mit 2 Abbildungen.) S. 434.

Astronomische Mitteilungen. S. 435—436.

Cerulli Nachfolger Kapteyns im Vorstand der Astronomischen Gesellschaft. Die Stellung der Kugelhaufen und der Spiralnebel. Die Pickeringserie in den Spektren der O-Sterne.

ZEISS Fernrohr-Lupen



werden als monokulare oder binokulare Lupen geliefert. Der Beobachtungsabstand ist bedeutend größer als bei einfachen Lupen mit gleicher Vergrößerung. Vorsatzlinsen gestatten die Wahl einer beliebigen Vergrößerung bis zu 30 fach.

Wir liefern auch viele andere für naturwissenschaftliche Zwecke erforderliche Instrumente, wie Mikroskope, Einschlaglupen usw.

Druckschriften und
Auskunft durch:

CARL ZEISS, JENA

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für Juni 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck: { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius
Konten Springer.

Voigt & Hochgesang Göttingen

**Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.**

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Aeltere Jahrgänge der

Naturwissenschaften

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 293 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

Ausseninstitut der Technischen Hochschule Berlin

**Vortragsreihe mit Lichtbildern
zum Besten der Ruhrhilfe**

Tage	Vortragender	Thema
4. Juni	Prof. Wempe aus Bochum	Das Ruhrgebiet; der Ruhrkohlenbergbau und seine Gefahren (mit Film und Lichtbildern).
11. Juni	Prof. Keysseltz, Geh. Baurat u. Vortragender Rat im Ministerium (Handel und Gewerbe)	Siedlungswesen beim Bergbau.
18. Juni	Dir. Haase-Lampe	Rettungswesen im Bergbau (mit Gerätevorführungen).
25. Juni	Branddir. a. D. vom Hofe	Moderner Feuerschutz in der Industrie (mit Film und Lichtbildern).

Die Vorträge finden 6½ bis 8 Uhr abends in der Aula der Technischen Hochschule statt

Mindestpreise:	für Nichtangehörige der Hochschule (auch Damen)	für Studenten
für die ganze Reihe:	2000.— Mk.	500.— Mk.
für einen Abend:	1000.— „	300.— „

Freiwillige höhere Beiträge sind erwünscht

Postscheck Prof. Orlich, Berlin, Nr. 104597

Der Ertrag wird der Ruhrhilfe überwiesen

Kartenverkauf in Zimmer 138 der Technischen Hochschule und an der Abendkasse

Rekristallisation von Metallen¹⁾.

Von G. Masing, Berlin.

1.

Unter Rekristallisation versteht man allgemein die Änderungen, die im Kristallgefüge der Metalle bei deren Erhitzung auftreten. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Rekristallisation an eine gewisse Vorgeschichte der Metalle geknüpft ist, und daß sie besonders lebhaft und mannigfaltig bei Materialien auftritt, die vorher deformiert (gereckt) worden waren. Im Verlaufe der Rekristallisation gehen die in den Metallen durch die Reckung hervorgerufenen Änderungen der technischen Eigenschaften zurück. Härte, Zerreißfestigkeit usw. nähern sich wieder den Werten, die das Material vor der Deformation gehabt hat. Im Zusammenhang damit betrachtet man auch die Rekristallisationserscheinungen als Beseitigung eines durch die Reckung hervorgerufenen Zwanges und Rückkehr zum ursprünglichen, natürlichen Zustand. Im Einklang mit dieser Auffassung steht die Tatsache, daß gegossene Metalle (die man in diesem natürlichen Zustande beläßt) nicht rekristallisieren. Außer der Reckung kann auch allgemein eine unterhalb des Schmelzpunktes bewirkte Phasenänderung zur Rekristallisation führen. Als solche ist z. B. eine Reduktion im festen Zustand, eine elektrolytische Abscheidung, eine allotrope Umwandlung usw. zu betrachten. Auf diese Erscheinungen werden wir jedoch im folgenden zunächst nicht eingehen, sondern uns auf die Rekristallisation gereckter Metalle beschränken.

Die technische Bedeutung der Rekristallisation ist außerordentlich groß. Das ergibt sich schon daraus, daß die technische Behandlung der meisten Metalle aus einer größeren Reihenfolge von Reckungen und Erhitzungen besteht, so daß alle Bedingungen für wiederholte Rekristallisationsvorgänge gegeben sind, die bei abnormem Verlauf zu schweren Schädigungen führen können. An einzelnen Beispielen für die technische Bedeutung der Rekristallisation seien nur folgende angeführt:

1. Einige Aluminiumlegierungen haben die Neigung, bereits unter geringer, aber dauernder Belastung aufzureißen (*Rosenhain*, Eleventh report to the alloys research committee. On some alloys of Aluminium 1921), und zwar nur dann, wenn sie vorher einer Rekristallisation bei ca. 450—500° unterworfen worden waren. Die Erhitzung auf diese Temperaturen ist andererseits

zur Erzeugung des dem Duralumin analogen Vergrütungseffektes notwendig. Ferner tritt das Aufreißen nur dann auf, wenn die durch die Rekristallisation entstandenen Begrenzungsflächen der Kristallite glatt und nicht etwa verzahnt sind. Hier besteht also das technische Problem, die Rekristallisation so zu leiten, daß Begrenzungsflächen einer bestimmten Gestalt entstehen. Im folgenden werden wir sehen, daß die große Mannigfaltigkeit der Rekristallisationserscheinungen uns eine derartige Möglichkeit bietet, wenn wir auch zurzeit noch nicht in der Lage sind, die Bedingungen hierfür genau anzugeben.

2. Ein weiteres Beispiel bietet die Herstellung von Führungsbändern aus Eisen (während des Krieges). *Körber* und *Wüst* (siehe z. B. *E. H. Schulz*, Zeitschrift für Metallkunde 12 (1920)) haben durch besondere Maßnahmen bei der Rekristallisation von Eisen ein ganz extrem weiches Material erzeugen können, das ganz andere Eigenschaften hatte als sonst Eisenmaterial von derselben Zusammensetzung, und sich zur Herstellung von Führungsbändern gut eignete.

Auf die Metalle, die in der Technik hohen Temperaturen ausgesetzt sind, wie Glühlampendrähte, Kesselbleche, Bestandteile von Turbinen usw., braucht in diesem Zusammenhang nur hingewiesen zu werden.

Die technische Bedeutung der Rekristallisation ist gar nicht hoch genug einzuschätzen, aber diese gewinnt in den letzten Jahren auch ein immer steigendes wissenschaftliches Interesse, insbesondere deshalb, weil jetzt bereits so viel systematisches Beobachtungsmaterial vorliegt, daß sich die ersten Möglichkeiten einer theoretischen Zusammenfassung ergeben. Diese führen, wie immer, zu einer neuen Belebung des Experimentes, das nun wieder rückwirkend die Theorie fördert. In der allerletzten Zeit gewinnt man immer mehr den Eindruck, daß sich bereits eine gewisse Klärung der theoretischen Ansichten über die Rekristallisation anbahnt, daß die meisten Gegensätze zwischen den einzelnen Anschauungen sich auf Mißverständnisse zurückführen lassen, und daß eine baldige Verständigung zu erhoffen ist. Mit dieser könnte dann auch eine Theorie des metallischen Zustandes entstehen, die einen Anspruch auf wissenschaftlichen Wert machen könnte.

Im folgenden sollen die Erscheinungen der Rekristallisation nach Möglichkeit in einem einheitlichen Zusammenhang, wie er sich dem Ver-

¹⁾ Vorgetragen am 1. Dezember 1923 in der Gesellschaft f. techn. Physik.

fasser bietet, dargestellt werden. Eine solche Darstellung ist heute noch naturgemäß subjektiv. Die oben erwähnte Wahrnehmung jedoch, daß die Anschauungen der einzelnen Forscher sich zurzeit zu nähern scheinen, läßt hoffen, daß der folgenden Darstellung eine allgemeinere Bedeutung zukommt.

Die Größe des Gebietes und die Rücksicht auf die Einheitlichkeit der Darstellung erlauben nicht, die anderen Theorien der Rekristallisation eingehender zu erörtern.

2.

Wenn wir die Rekristallisation von gereckten Metallen verfolgen wollen, so müssen wir zuerst die Struktur solcher Metalle und ihre Entstehung kurz besprechen. Das Ausgangsmaterial, das gegossene Metall, besteht aus einer größeren Anzahl von Kristalliten, deren jeder eine einheitliche Orientierung hat, und die sich an wohl definierten Begrenzungsflächen von unregelmäßiger Form berühren. In Fig. 1 ist ein derartiges Gußgefüge (des Eisens) dargestellt¹⁾. Man sieht ein Maschenwerk von scharfen Korngrenzen, die

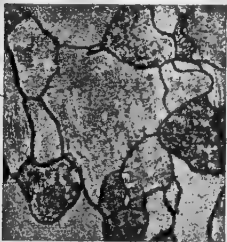


Fig. 1. Gußgefüge des Eisens.

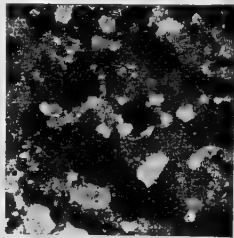


Fig. 2. Dislozierte Reflexion.

die einzelnen Kristallite umschließen. Solche Linien entstehen beim Ätzen des Metalles, und zwar, weil zwischen den Kristalliten sich meistens bei der Erstarrung die Verunreinigungen ansammeln, so daß an den Korngrenzen stoffliche Unterschiede gegenüber der übrigen Metallmasse bestehen. Ein Bild wie das in Fig. 1 dargestellte sagt natürlich noch nichts über die kristallographische Orientierung der einzelnen Kristallite aus.

Unter geeigneten Bedingungen der Ätzung und Beleuchtung haben wir die Möglichkeit, diese einheitliche Orientierung durch unmittelbare mikroskopische Beobachtung zu prüfen. Je nach der Orientierung erscheinen nämlich dann die einzelnen Kristalle als Ganzes hell oder dunkel, und durch Änderung der Belichtungsrichtung haben wir die Möglichkeit, ihre Helligkeitsunterschiede zu beeinflussen oder sogar umzukehren. Diese mit der Orientierung der Ätzgrübchen zusammenhängende Erscheinung nennt man nach Czochralski²⁾ *dislozierte Reflexion*. Ihre Spuren sind bereits in Fig. 1 zu erkennen, da einzelne

Kristalle etwas dunkler erscheinen als andere, noch viel schöner und charakteristischer jedoch auf Fig. 2, wo die großen Helligkeitsunterschiede die Grenzlinien so weit überdecken, daß diese als solche nicht mehr wahrzunehmen sind.

Das Bestehen einer dislozierten Reflexion in den einzelnen Kristalliten und ihre scharfe, eindeutige Abgrenzung gegeneinander sind die beiden Merkmale der Struktur eines gegossenen Metalles oder eines solchen, das nach weitgehender Rekristallisation sich dem inneren Zustand eines solchen genähert hat.

Während der Kaltreckung verwischen sich diese beiden Merkmale. In erster Linie verliert sich die dislozierte Reflexion, was zweifellos auf eine Störung der Ätzbarkeit durch die Verarbeitung zurückzuführen ist. Aber auch das Bild der Begrenzungsflächen der Kristallite wird nach und nach unscharf und verworren, so daß man zweifeln kann, ob man die undeutlichen und zer-

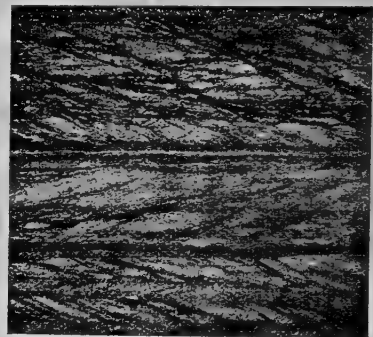


Fig. 3. Kaltgerecktes Metall. Verschwinden der dislozierten Reflexion (Legierung mit 80 % Cu. und 20 % Ni).

rissenen Linien und Streifen (Fig. 3) überhaupt noch als Kristallitgrenzen ansprechen darf. Von der dislozierten Reflexion ist nichts mehr übrig. Man sieht nur vereinzelte Linienfragmente. Wird die Verarbeitung besonders vorsichtig vollzogen, so gelingt es allerdings zuweilen, die ursprünglichen Kristallitbegrenzungen nach der Ätzung als geschlossenes Maschenwerk zu erhalten, was verständlich ist, da die Korngrenzen anders zusammengesetzt sind als das Innere der Kristallite. Über die Orientierung der von den Maschen umschlossenen Gebiete erlaubt die mikroskopische Beobachtung jetzt keine Aussage, da ja die dislozierte Reflexion nicht mehr besteht. Es ist deshalb möglich, daß dieses Maschenwerk mit kristallographischen Begrenzungen nichts mehr gemein hat und einfach die erhaltenen Zwischenschichten von abweichender Zusammensetzung anzeigt. Mehr Klarheit verschafft uns in diesem Falle die Röntgenanalyse. Das Röntgendiagramm des kaltgereckten Metalles (zahlreiche Beobachter, in der letzten Zeit, besonders Polanyi¹⁾ und Groß²⁾, läßt darauf schließen, daß in dem Metall eine reiche Lagenmannigfaltig-

¹⁾ Nach Guertler, Handbuch der Metallographie Bd. 1, S. 194.

²⁾ Siehe z. B. Int. Z. f. Metallographie 8, S. 1 (1916).

¹⁾ Zahlreiche Arbeiten Z. f. Physik 1921 und 1922.

²⁾ Erscheint demnächst in der Z. f. Metallkunde.

keit mit bevorzugter Orientierung besteht. Das folgt daraus, daß man im Laue- und im Debyediagramm nicht einzelne Punkte, sondern Kurventeile erhält. Die Oberfläche des kaltgereckten Metalles birgt in sich also eine große Mannigfaltigkeit von Raumgitterorientierungen, die dem Mikroskop unzugänglich sind. Wir können das mikroskopische Bild nicht mehr richtig lesen und wir müssen deshalb bei seiner Deutung (und bei der Deutung dessen, was aus einem solchen unleserlichen Gefüge bei der Rekristallisation entsteht) doppelt vorsichtig sein.

Ein ebenso wichtiges Resultat der Röntgenometrie der kaltgereckten Metalle ist folgendes. Keines der bisher untersuchten und durchgerechneten Bilder hat Anzeichen einer Störung der Raumgitterstruktur ergeben. Das gilt natürlich nur innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Röntgenmethode, die bei etwa $\frac{1}{2}\%$ liegen dürften. Innerhalb dieser Grenzen hat also das Raumgitter eines kaltgereckten Metalles dieselben Parameter, wie das des Ausgangsmaterials. Es ist jedoch so gut wie sicher, daß geringere Störungen, die vermutlich unter diesen Grenzen liegen, bei der Verarbeitung wohl zustande kommen. Der beste Beweis dafür ist einerseits das Verschwinden der dislozierten Reflexion, und andererseits die Verschiebung der chemischen Resistenzgrenzen bei der Kaltreckung (Tammann)¹⁾. Man darf aber nach obigem hieraus noch nicht auf eine gänzliche oder selbst nur eine weitgehende Störung des Raumgitters schließen. Das ist übrigens auch nicht nötig, da wir, insbesondere nach den Arbeiten von Groß, wissen, daß die Ätzbarkeit gegen ganz geringe Störungen im Aufbau eines Kristalles außerordentlich empfindlich ist und daß demnach auch das Verschwinden der charakteristischen Ätzfiguren sehr wohl bei Störungen, die weit innerhalb der nach dem Röntgenbefunde zulässigen Grenzen liegen, möglich ist.

Unser Hauptresultat ist also: Die wahre Struktur eines kaltgereckten Metalles entzieht sich unserer mikroskopischen Beobachtung, und wir sind bei ihrer Deutung und bei der Deutung der Rekristallisationsvorgänge entweder auf indirekte Schlüsse oder auf die leider nur summarischen Ergebnisse der Röntgenanalyse angewiesen.

3.

Aus dieser unleserlichen Struktur entwickelt sich nun bei der Erhitzung das Rekristallisationsgefüge des Metalles. Wir wollen diese Entwicklung an Hand eines charakteristischen Beispiels verfolgen. Adcock²⁾ hat außerordentlich sorgfältige Beobachtungen über die Rekristallisation einer Legierung mit 80 % Kupfer und 20 % Nickel veröffentlicht. Die bereits erwähnte Fig. 3 zeigt diese Legierung im kaltgereckten Zustande. Es ist das übliche undeutliche Bild, das von einer großen Reihe schräg gerichteter

Streifen durchsetzt ist. Zweifellos ist diese Streifung auf zahlreiche Gleitungen während der Verarbeitung des Materials zurückzuführen. Die erste Strukturänderung, die bei der Erhitzung dieses kaltgereckten Metalles beobachtet wird, besteht darin, daß an Stelle der ursprünglichen undeutlichen Streifung bei 412—416 ° schärfer abgegrenzte Zwillingslamellen auftreten. Das ist eine charakteristische Erscheinung, durch die der Beginn der Rekristallisation auch bei anderen Metallen sehr oft eingeleitet wird. Sie erklärt sich wohl folgendermaßen: Durch ein Umklappen des Raumgitters bei der Reckung in eine Zwillingslage entstehen zahlreiche Deformationszwillinge, wie man sie nennt. Durch äußere Zwangsbedingungen rein geometrischer oder physikalischer Natur können sich diese jedoch nicht voll entwickeln, sie durchsetzen nicht den ganzen Kristall, und in manchen Gebieten bleibt das Raumgitter, ohne die neue stabilere Zwillingslage erreichen zu können, in einer unbeständigeren Zwischenlage hängen. Das Resultat dieser gehemmten Zwillingsbildung ist das in Fig. 3 dargestellte verworrene Gefüge. Das erste Resultat der Erhitzung eines kaltgereckten Metalles besteht nun darin, daß infolge der erhöhten molekularen Beweglichkeit bei der höheren Temperatur die Spannungen ausgelöst werden und die Lamellen vollständig in ihre neue Gleichgewichtslage in der Zwillingsstellung einschnappen, während wieder andere in ihre ursprüngliche Lage zurückgehen. Der durch die Kaltreckung im Metall hervorgerufene Zwangszustand wird hierdurch jedoch nur in geringem Maße beseitigt, wie die später eintretenden Rekristallisationserscheinungen und der Umstand beweisen, daß die durch den Kaltreckungsvorgang erzeugten technischen Eigenschaften in diesem Vorstadium der Rekristallisation noch ziemlich voll erhalten bleiben. Wird das Material weiter bis auf 480 ° erhitzt, so werden längs der Zwillingsstreifen und Gleitebenen neue, winzige Kriställchen sichtbar. Der Wahrnehmung derartiger, einigermaßen deutlich abgegrenzter Kriställchen geht die Entstehung von gutausgebildeten Ätzeindrücken voran. Offenbar ist diese Beobachtung so zu deuten: Es bildet sich zuerst an einzelnen Stellen ein soweit ungestörtes Raumgittergefüge zurück, daß die Entstehung eines normalen Ätzeindruckes, der ja mit der summarischen Erscheinung der dislozierten Reflexion wesensverwand ist, möglich wird. Erst als zweite Erscheinung tritt eine Abgrenzung dieses Raumgitters gegen seine Umgebung, die wahrnehmbare Entstehung eines Kristalles auf. Die streifenförmige Anordnung der neuen Kristalle ist auf Fig. 4 zu sehen.

Der Beginn der Rekristallisation an den bevorzugten Stellen der Gleitebenen ist zweifellos darauf zurückzuführen, daß die Deformation des Materials während der Verarbeitung längs dieser Flächen besonders groß gewesen ist, und daß dem entsprechend auch die Rekristallisation hier mit

¹⁾ s. zum Beispiel Lehrbuch der Metallographie, 2. und 3. Aufl.; daselbst auch weitere Literaturangaben.

²⁾ Journal of the Inst. of Metals 1922, Bd. I.

größerer Lebhaftigkeit als in den einem geringeren Zwange ausgesetzt gewesenen Zwischengebieten einsetzt. Der weitere Vorgang der Rekristallisation besteht nun darin, daß, von den ursprünglichen Gleitflächen ausgehend, sich in immer größerer Anzahl vorher nicht sichtbar gewesene kleine Kristalle bemerkbar machen, deren Dimensionen gleichzeitig größer werden. Die im Verlaufe der Rekristallisation zur Wahrnehmung gelangenden kleinen Kristalle überfluten allmählich die gesamte Fläche des Metalles, und die zwischen denselben verbleibenden, von der deutlich wahrnehmbaren Rekristallisation noch nicht ergriffenen Teile werden immer geringer. Eine charakteristische Erscheinung dieses Zwischenstadiums besteht darin, daß viele Kristalle keine vollständige Umgrenzung aufweisen, wie das auf Fig. 5 in stärkerer Vergrößerung zu sehen ist, so daß man oft im Zweifel ist, wie man eine Grenzlinie, die ohne Anschluß an eine andere plötzlich abreißt, überhaupt zu deuten hat.

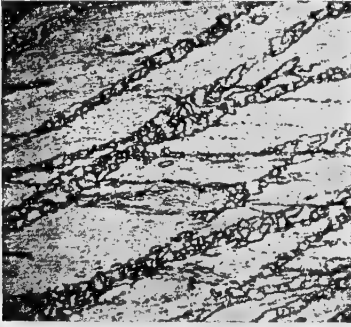


Fig. 4. Fortschreiten der Rekristallisation der in Fig. 3 genannten Legierung bei Erhitzung auf 480 °.

Nachdem die Rekristallisation die gesamte Fläche des beobachteten Bildes überflutet hat, entsteht ein Bild, das demjenigen eines gegossenen Metalles recht ähnlich ist. Wir haben wieder dieselben scharfen Kristallgrenzen und dieselbe charakteristische dislozierte Reflexion (s. Fig. 2). An diesem Beispiel sieht man, daß die Rekristallisation, entsprechend der nicht einheitlichen Deformation bei der Kaltreckung innerhalb des Materials, nicht einheitlich verläuft. Die hauptsächlich stets an bevorzugten Stellen längs Gleitfäden erfolgende plastische Deformation der kristallinen Aggregate macht es unmöglich, einem Metall eine im Innern einheitliche und einigermaßen definierte Reckung zu erteilen. Das muß natürlich die systematische Forschung außerordentlich erschweren. Wenn wir z. B. den Zusammenhang der Rekristallisation mit den Änderungen der technischen Eigenschaften des Materials untersuchen, so erhalten wir nach *Adcock* für die Härte in Abhängigkeit von der vorangegangenen Erhitzung die Kurve Fig. 6: Die Härte beginnt nach einer Erhitzung etwa auf die Temperatur, bei der die Wahrnehmung der kleinen Kristalle möglich wird, zu sinken und fällt dann innerhalb von etwa 200 ° schnell ab,

um nach einer weiteren Erhitzung nur noch verhältnismäßig langsam zu sinken. Die Änderung der Härte geht also mit der Rekristallisation parallel. Der genauere Zusammenhang der Härteabnahme mit den Einzelvorgängen der Rekristallisation läßt sich jedoch nicht feststellen, weil verschiedene mikroskopische Teile des Materials nach und nach zur Rekristallisation gelangen, während die Härte makroskopisch an größeren Gesamtteilen bestimmt wird. Das einzige, was wir sagen können, ist: Die Härteänderungen bei der Rekristallisation hängen in der Hauptsache mit dem Vorgang der sichtbaren Entstehung der neuen Kristalle usw. zusammen und nicht mit der späteren Zunahme der Kristallgröße.

4.

Wir wollen nunmehr den Zusammenhang der Rekristallisation mit der vorangegangenen Reckung, soweit es möglich ist, systematisch ver-



Fig. 5. Weiteres Stadium der Rekristallisation.

folgen. Gegossene Metalle rekristallisieren nicht. Es entsteht zunächst die Frage, in welcher Weise die Rekristallisation nach geringen Deformationen auftritt¹⁾.

Wenn man ein Metall (Zinn mit 1,5 % Antimon) schwach beansprucht, z. B. im Schraubstock vorsichtig zusammenpreßt, so entstehen dabei Zwillingsslamellen, die nach den Grenzen der Kristallite keilförmig zulaufen (Fig. 7). Der auffallende Unterschied gegenüber den Beobachtungen von *Adcock*, welcher eine ähnlich klare Entwicklung der Zwillinge erst nach vorangegangener Erhitzung beobachtet hat, ist wohl auf zwei Ursachen zurückzuführen. Erstens verläuft die Zwillingbildung beim Beginn einer plastischen Deformation allgemein sehr viel deutlicher und ungestörter, als im weiteren Verlauf der Reckung. Deshalb ist es verständlich, daß *Carpenter* und *Elam* sie nach einer sehr geringen Deformation viel deutlicher beobachten konnten, als *Adcock* nach der ungleich stärkeren Deformation des Walzvorganges. Zweitens rekristallisiert reines Zinn bereits bei gewöhnlicher Temperatur, und es

¹⁾ Diese Frage haben besonders sorgfältig *Carpenter* und *Elam* studiert, Journ. of the Inst. of Metals 1920, Bd. 2.

ist deshalb möglich, daß auch bei der von Carpenter und Elam benutzten Legierung mit 1,5 % Antimon sich bereits bei gewöhnlicher Temperatur die allerersten Anfänge der Rekristallisation bemerkbar gemacht haben, die zur deutlichen Entwicklung der Zwillinge geführt haben. Bei der nachfolgenden Erhitzung gehen die Zwillingslamellen zurück und verschwinden zum Teil ganz, während die Korngrenzen keine Verschie-

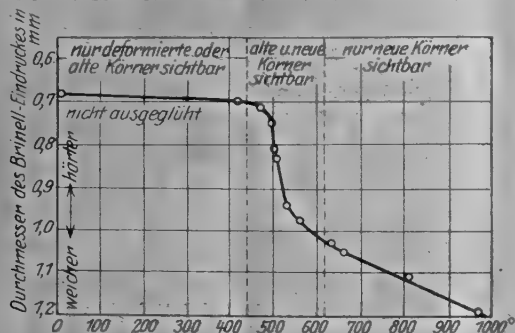


Fig. 6. Abhängigkeit der Härte des Materials von der vorangegangenen Erhitzung.

bungen erleiden, so daß das endgültige Gefüge sich vom ursprünglichen nicht unterscheidet. Der ganze Vorgang der Rekristallisation besteht also hierbei nur in der Resorption dieser Zwillingslamellen.

Treibt man die plastische Beanspruchung etwas weiter, so daß man auf dem gereckten



Fig. 7. Zwillingslamellen in einem vorsichtig zusammengepreßten Metall.

Metall nicht mehr vereinzelte, sondern zahlreiche Gleitflächen und Zwillingslamellen antrifft, so werden bei der nachträglichen Erhitzung diese Zwillingslamellen wieder zum Teil resorbiert, zugleich verschieben sich aber die Grenzen der einzelnen Kristallite. Fig. 8 zeigt das Ergebnis einer derartigen Grenzverschiebung nach wiederholter Erhitzung. Man sieht zunächst die durch eine dicke Grenzlinie voneinander getrennten drei ursprünglichen großen Kristallite A, B und C. Während der Erhitzung ist nun an der Grenze zwischen A und B anscheinend ein neuer Kristallit D entstanden, der bei fortgesetzter Erhitzung auf Kosten der Kristallite A und B weiter ausgewachsen ist, wie es das Grenzlinienetzwerk zeigt, und bald den Kristalliten C berührt. Die Beobachtung der Kristallgrenzen allein ermöglicht es uns noch nicht, etwas über das Kristallgefüge oder die Orientierung inner-

halb dieser Grenzen auszusagen. So bildet das System der feinen Linien, die den Kristall D umgeben, die Gesamtheit seiner Begrenzungen, die er im Verlaufe der Rekristallisation nach und nach aufgewiesen hat und die sich später im Relief erhalten haben. Aus dem Bilde können wir ohne weiteres nicht die gegenwärtigen wirklichen Grenzen des Kristalls angeben. In diesem Falle hilft nun die Beobachtung der dislozierten Reflexion weiter. Wird die Oberfläche dieser Stelle vorsichtig abgeschliffen und neu geätzt, so erhält man das in Fig. 9 wiedergegebene Bild. Wie man sieht, entspricht die alleräußerste der Begrenzungsflächen den wahren Korngrenzen, man sieht aber auch zwischen D und C gar keine Korngrenze. In Wirklichkeit war also D gar kein neu entstandener Kristallit, sondern es ist anzunehmen, daß C unter der Oberfläche des Schliffes auf Kosten von A und B gewachsen und zufällig bei D zuerst an die Oberfläche des Schliffes gelangt ist.

Über den Richtungssinn dieser Grenzenwanderung läßt sich keine allgemeine Regel aufstellen. Weder kann man behaupten, daß etwa ein größerer Kristallit immer auf Kosten eines kleineren Nachbarn wächst, noch, daß die Verschiebungsrichtung einer Grenzfläche mit ihrer Krümmung oder Orientierung irgendwie zusammenhängt, ebenso wachsen auch nicht immer einzelne Kristalle auf Kosten aller sie umgebenden, sondern oft wächst ein Kristall auf Kosten des

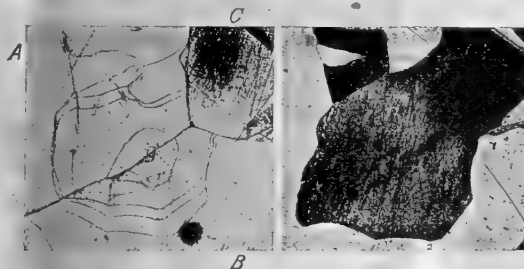


Fig. 8. Verschiebung der Kristallitgrenze nach wiederholter Erhitzung.

Fig. 9.

einen Nachbarn und wird gleichzeitig von den anderen Nachbarn resorbiert.

Da bei der Grenzenwanderung keine neuen Kristallite entstehen und einige von den vorhanden gewesen aufgezehrt werden, so tritt hierbei immer eine durchschnittliche Vergrößerung des Kornes ein.

Nach einer etwas stärkeren Deformation beobachtet man also außer der Resorption der Deformationszwillinge als zweiten Vorgang der Rekristallisation die Grenzenwanderung der Kristallite und damit ein Kornwachstum.

Die systematische Beobachtung der Rekristallisation nach stärkeren Reckungen stößt, wie bereits oben erwähnt, auf außerordentliche Schwierigkeiten. Die Unmöglichkeit, dem Metall im Innern eine einheitliche Deformation aufzuprä-

gen, macht sich immer unangenehmer bemerkbar; es treten immer stärker einzelne Flächen und Gebiete hervor, die offenbar sehr große plastische Deformationen erlitten haben, während Nachbargebiete nur sehr erheblich weniger in Anspruch genommen worden sind. Wir erhalten stets ein Rekristallisationsbild, das, wie wir es am Beispiele der Arbeit von *Adcock* verfolgt haben, der unmittelbaren systematischen Deutung große Schwierigkeiten bereitet. Einigermassen übersichtlich werden die Verhältnisse erst wieder bei ganz hohen Beanspruchungsgraden des Materials, bei Deformationen, bei denen die Dicke oder der Durchmesser des Arbeitsstückes bis auf wenige Prozente des Ursprünglichen herabgesetzt werden. In einem so weitgehend verarbeiteten Metalle kann man durch mikroskopische Beobachtung der Struktur oft so gut wie gar nichts wahrnehmen. Die Rekristallisation erfolgt an solchen Metallen erfahrungsgemäß viel gleichmäßiger, als nach geringerer Beanspruchung.

Das Rekristallisationsbild, das sich bei einem derartigen Material, z. B. bei sehr weit heruntergewalzt Zinn, bietet, ist etwa folgendes¹⁾: Unmittelbar nach dem Walzen zeigt das Zinn eine sehr verworrene Struktur. Außer ganz vereinzelten, undeutlichen Helligkeitsunterschieden ist auf der Metallfläche nichts wahrzunehmen. Bleibt nun das Zinn bei gewöhnlicher Temperatur liegen, so findet in ihm während weniger Stunden eine Rekristallisation statt. Wenn man diese mit einem geeigneten Ätzmittel (Kaliumchlorat und Salzsäure)²⁾ verfolgt, so sieht man folgendes: Von einzelnen Stellen aus entwickeln sich immer stärker Anzeichen der dislozierten Reflexion, zunächst jedoch ohne wahrnehmbare Korngrenzen. Erst wenn die Gebiete bestimmter dislozierter Reflexionen, also bestimmter Kristallorientierungen, aneinanderstoßen, erhält man ein Strukturbild mit scharf wahrnehmbaren Korngrenzen, das etwa der Fig. 2 entspricht, nur sehr viel feinkörniger ist. Dieses zunächst entstehende Gefüge entwickelt sich sehr schnell und bei einem gegebenen Arbeitsstück weitgehend unabhängig von den Bedingungen, unter denen sich die Rekristallisation vollzieht. Ob wir also das Zinn bei gewöhnlicher Temperatur rekristallisieren lassen, bei 100° oder sogar bei 150°, das erste deutliche Bild, das wir erhalten, ist immer genau dasselbe.

Erhitzt man Zinn auf höhere Temperaturen oder viel längere Zeit, so verändert sich das Kristallgefüge weiter. Vermutlich sind es Korngrenzenwanderungen (die den von *Carpenter* und *Elam* beobachteten völlig analog sind), die zu einer allmählichen Vergrößerung der Kristallite führen. So erhält man bei Zinn beispielsweise bei 180° etwa das in Fig. 2 dargestellte Gefüge, das von dem eines gegossenen Metalles nicht zu unterscheiden ist. Dieser zweite Vorgang ver-

läuft jedoch ungleich langsamer als der erste. So genügt zur Bildung des primären Korngefüges bereits die Erhitzung auf 100° während 30 Sekunden; eine merkliche Vergrößerung dieser Struktur wird aber erst bei ununterbrochener Erhitzung auf 100° während mehrerer Stunden wahrnehmbar. Dieser Geschwindigkeitsunterschied zusammen mit der auffallenden Tatsache, daß das primäre Korngefüge von den Temperaturbedingungen so weit unabhängig ist, führt zu dem Schluß, daß die Entwicklung des primären Gefüges und das Kornwachstum zwei verschiedene Prozesse sind, aus denen demgemäß der normale Rekristallisationsvorgang eines stark gereckten Metalles besteht.

Die Gesamtheit unserer Kenntnisse über die Abhängigkeit der Größe der durch Rekristallisation entstandenen Kristallkörner von der vorangegangenen Kaltreckung, von der Erhitzungstemperatur usw. hat *Czochralski* in seinem bekannten Rekristallisationsdiagramm zusammengefaßt. Mit

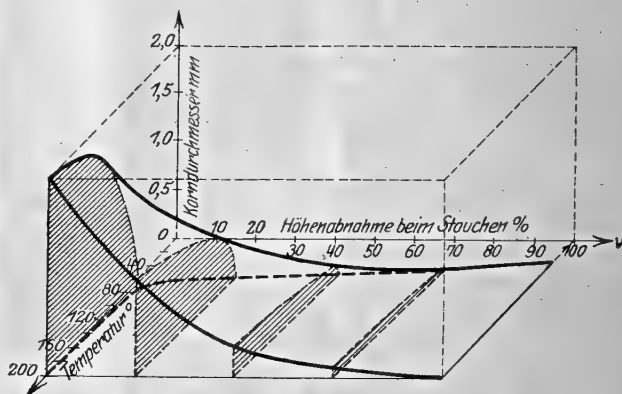


Fig. 10. Rekristallisationsdiagramm von *Czochralski*.

zunehmender Reckung verläuft die Rekristallisation immer lebhafter, d. h., sie setzt bei immer tieferen Temperaturen mit merklicher Geschwindigkeit ein. Das bei einer bestimmten Temperatur entstehende Kristallgefüge ist um so feinkörniger, je höher der Grad der vorangegangenen Reckung gewesen ist. Die Abhängigkeit der Kristallgröße von der Temperatur bei gleichen Reckungsgraden besteht einfach darin, daß die Korngröße mit der Temperatur wächst. Diesen Zusammenhang zeigt das Diagramm von *Czochralski* in Fig. 10¹⁾. Bemerkenswerterweise enthält

¹⁾ Int. Zeitschrift f. Metallographie 8, 1, 1916.

Diese Figur gibt das Diagramm von *Czochralski* in seiner ursprünglichen Form wieder. Die Gestalt der Fläche beim Kaltreckungsgrad Null und der graphische Ansatz, daß die Korngröße beim Beginn der Rekristallisation gleich Null zu setzen ist, bedeuten theoretische Extrapolationen, denen kein Tatsachenmaterial zugrunde liegt. In der letzten Zeit hat *Czochralski* diese Extrapolationen abgeändert. Es erübrigt sich jedoch, hierauf näher einzugehen, weil der physikalische Gehalt des Diagramms sich auf seine mittleren, experimentell zugänglichen Teile beschränkt und eine Extra-

¹⁾ *Masing*, Zeitschr. f. Metallkunde 1921.

²⁾ *Czochralski* a. a. O.

dieses Diagramm nicht die Zeit, während bei der Rekristallisation doch selbstverständlich ein Kristallgefüge nicht auf einmal, sondern erst allmählich entsteht. Die Möglichkeit, die Zeit aus der Darstellung auszuschneiden, beruht auf einem sehr einfachen Zeitgesetz der Rekristallisation. Danach vollzieht sich die Rekristallisation bei einer konstant gehaltenen Temperatur in den ersten Minuten recht schnell und klingt dann ab, so daß praktisch bereits nach $\frac{1}{2}$ —1 Stunde die Geschwindigkeit zu vernachlässigen ist. Man hat also bei der Rekristallisation etwa nach einstündiger Erhitzung das von der weiteren Erhitzung auf dieselbe Temperatur unabhängige Gefüge vor sich.

Mit diesem Zeitgesetz ist ein anderes verknüpft, das die Abhängigkeit der Rekristallisationsgeschwindigkeit von der Temperatur regelt. Dieselbe wächst mit steigender Temperatur so schnell, daß es für das endgültige Gefüge ganz gleichgültig ist, welchen niedrigeren Temperaturen das Material im Verlaufe der Erhitzung ausgesetzt gewesen ist und für wie lange, resp. wie groß die Erhitzungsgeschwindigkeit war. Diese Voraussetzung trifft für eine große Reihe von Fällen zu (die wir als den normalen Verlauf der Rekristallisation betrachten wollen), aber in einer Reihe von Fällen gelten sie nicht. Dann verliert auch das auf ihnen fußende Diagramm seine Gültigkeit.

5.

Wir haben oben eine Reihe von Rekristallisationserscheinungen bei gereckten Metallen beschrieben und wollen nun versuchen, diese Vorgänge theoretisch zu deuten, und zwar zunächst am starkgereckten Metall. Die Erscheinungen, die an einem solchen beobachtet worden sind, bestehen, wie erwähnt, erstens in der Ausbildung des primären Kornes, zweitens in dem sich daran anschließenden Kornwachstum. Zunächst: Woher und auf welche Weise entsteht in einem kaltgereckten Metall das vorher nicht wahrnehmbare primäre Rekristallisationsgefüge? In den Metallen von mittleren Reckungsgraden sind die Gleitflächen, an denen man bei der Rekristallisation die winzigen, anscheinend neu entstehenden Kristalle beobachtet, die Stellen der höchsten Deformation. Vermutlich ist die obige Frage daher mit der nach der Entstehung auch dieser Kristallchen identisch.

Da vorher an den betreffenden Stellen keine Kristalle mikroskopisch wahrzunehmen sind, haben verschiedene Forscher, und zwar in erster Linie Czochralski¹⁾ und Tammann²⁾, den nahe-

liegenden Schluß gezogen: Diese Kristalle entstehen bei der Rekristallisation tatsächlich neu durch Kernbildung. Unter Kernbildung versteht man etwas Analoges der Entstehung der Kristallkeime in unterkühlten Schmelzen usw. Das Wesentlichste und Charakteristischste ist ihr spontaner Charakter.

Der Umstand, daß in der Struktur eines gereckten Metalles zahlreiche Raumgitterelemente der mikroskopischen Beobachtung entgegen, zwingt uns jedoch zum Schlusse: Die Wahrnehmung von neuen Kristalliten bei der Rekristallisation beweist noch keineswegs, daß diese nicht bereits vor der Rekristallisation bestanden haben, wenn auch als kleinere Keime. Ihre Fähigkeit zur dislozierten Reflexion kann aus irgendwelchen Gründen so herabgesetzt gewesen sein, daß man sie nicht als Keime erkennen konnte. Man kann sich ja nun weiter auf den Standpunkt stellen: Eine Kernbildung, wenn sie auch experimentell nicht nachgewiesen ist, ist doch eine so zweckmäßige und natürliche Annahme, daß man sie schon aus diesem Grunde als das Wahrscheinlichste akzeptieren sollte. Der Verfasser kann diesen Standpunkt nicht billigen; im Gegenteil, die Annahme der Kernbildung bei der Rekristallisation macht recht große theoretische Schwierigkeiten. Die Kernbildung, wie wir sie sonst in unterkühlten Schmelzen oder in metastabilen Kristallarten beobachten, ist mit einem recht erheblichen Stabilitätssprung zwischen der metastabilen und der stabilen Phase verknüpft, der sich z. B. in Unterschieden des Dampfdruckes und der thermodynamischen Gleichgewichtsfunktionen äußert. Etwas Derartiges war bei gereckten Metallen trotz aller Bemühungen jedoch nicht nachweisbar. Zwar ist ihr Potential etwas unedler als das der rekristallisierten Metalle, jedoch ist dieser Unterschied so minimal (einige zehntausendstel Volt), daß er sich beinahe der Beobachtung entzieht und unvergleichlich geringer ist als bei den üblichen Fällen der Kernbildung. Auch ändern sich die rein physikalischen Eigenschaften der Metalle bei der Kaltreckung so wenig und in einer Art und Weise, die oft auf andere Ursachen zurückzuführen sind, wie z. B. Bildung von Hohlräumen, Gleichrichtung der Kristallite usw., daß es außerordentlich schwer fällt, das kalt gereckte Metall im thermodynamischen Sinne als eine andere Phase zu betrachten, innerhalb derer nun die ursprüngliche Phase des rekristallisierten, natürlichen Metalles sich zurückbildet. Die Annahme von Tammann, daß zur Kernbildung bei der Rekristallisation gar kein derartiger Stabilitätssprung erforderlich ist und daß sie lediglich eine Folge der unter gewissen Bedingungen stattfindenden Berührung von Kristalliten sein kann, bedeutet nach Ansicht des Verfassers ein weitergehendes Novum und kann deshalb, ohne daß damit die Möglichkeit einer solchen Behauptung a priori bestritten wer-

polation zu den Grenzwerten nur dann einen Sinn hat, wenn man genaue Vorstellungen über den Mechanismus des Beginnes der Rekristallisation usw. hat.

Czochralski hat seine Beobachtungen meistens an gestauchtem Metall gemacht. Deshalb wird in seinen Diagrammen meistens der Stauchgrad (prozentische Höhenabnahme) als Maß der Kaltreckung angeführt.

¹⁾ Z. B. Z. f. Int. Met. 8, 1916.

²⁾ Lehrbuch der Metallographie, 2. Auflage.

den soll, nicht als eine geeignete Grundlage für die Erklärung der Rekristallisation, die ja immer eine Zurückführung auf Bekanntes sein soll, betrachtet werden. Diese Schwierigkeiten der Annahme einer Kernbildung führen den Verfasser dazu, die Kernbildung bei der Rekristallisation nur soweit anzunehmen, als sie durch experimentelle Beobachtungen unmittelbar gegeben wird und nicht weiter. Aus der Wahrnehmung neuer Kristallite bei der Rekristallisation dürfen wir also noch nicht auf eine Kernbildung schließen.

Wenn nun aber die neu beobachteten Kristalle nicht durch Kernbildung entstanden sind, so muß die Frage, wieso sie vorher sich der Beobachtung entziehen konnten, und in welcher Weise sie sich überhaupt im Verlaufe der Kaltreckung erhalten haben, genauer untersucht werden. Zu ihrer Beantwortung müssen wir auf die Vorgänge bei der Kaltreckung etwas näher eingehen, woraus sich dann auch die Möglichkeit ergeben wird, die bisher beschriebenen Erscheinungen der Rekristallisation in allen Einzelheiten zu erklären.

6.

Erwing und Rosenhain und mit besonderem Nachdruck *Tammann*¹⁾ haben auf die Schutzmaßnahmen hingewiesen, die ein Kristall oder ein Kristallaggregat bei der Deformation trifft, um sein Raumgitter vor der Zerstörung zu bewahren. Diese Schutzmaßnahmen bestehen darin, daß das Fließen eines kristallinen Körpers nicht gleichmäßig erfolgt, sondern daß innerhalb eines Kristalles nur längs gewisser Flächen Parallelverschiebungen stattfinden (Translation) oder aber ganze Kristallteile in Zwillingslagen umklappen (einfache Schiebungen), während die übrige Masse des Metalles keine oder nur eine geringe Deformation erleidet. Die Spuren dieser Art der Gleitung lassen sich auch in stark kaltgereckten Metallen erkennen, wie z. B. in der schrägen Streifung in der Fig. 3 aus der Arbeit von *Adcock*. Allerdings wird diese Streifung mit zunehmendem Reckungsgrade undeutlicher und verworrener.

Die Erhaltung eines wenn auch nur in großen Zügen intakten Raumgitters in der ganzen Metallmasse, wie sie die Röntgenbeobachtungen erweisen, läßt sich auch rein formal nur so deuten, daß das Fließen eines kristallinen Körpers nicht gleichmäßig wie das einer Flüssigkeit, sondern längs bevorzugter Verschiebungsflächen erfolgt²⁾.

Die große Bedeutung der einfachen Schiebungen und in erster Linie der Translation bei der Metallreckung steht außer Frage, aber sie reicht nicht aus zur Erklärung der mannigfaltigen Deformationen der Kristallite innerhalb eines Metallkörpers. Darauf weisen die vielfach beobach-

teten Krümmungen in den Gleitflächen hin (*Polanyi*)¹⁾. Darauf deutet oft die Gestalt der bei der Deformation entstehenden Zwillingslamellen, die nicht, wie das erwartet werden sollte, den Kristall mit parallelen Begrenzungsflächen durchsetzen, sondern meistens gegen die Kristallgrenzen spitz zulaufen, Fig. 9, was mit einer reinen einfachen Schiebungen nicht verträglich ist. Wir müssen also neben den Gleitungsdeformationen noch Krümmungs-, Torsions- oder ähnliche Deformationen des Raumgitters annehmen. Daß solche Deformationen tatsächlich auftreten, wird vielleicht am überzeugendsten durch Beobachtung von gebogenen Einkristallgebilden bestätigt, in denen dann sowohl röntgenometrisch als auch mikroskopisch eine kontinuierliche Änderung der Raumgitterorientierung von Ort zu Ort beobachtet wird, die sich wiederum aus rein geometrischen Gründen nicht auf Translation zurückführen läßt²⁾.

Wir kommen zu folgender Vorstellung: Der Kaltreckungsvorgang wird in erster Linie von dem Mechanismus der Gleitung getragen, wobei allerdings längs der Gleitflächen vermutlich stärkere Störungen, evtl. Wirbelbewegungen des Raumgitters auftreten. Außerdem treten aber in der ganzen Metallmasse komplizierte und schlecht definierte Krümmungs- und Torsionsdeformationen des Raumgitters auf, die *Polanyi* als „Knüllungen“ bezeichnet hat. Die Gleitebenenbildung im Zusammenhang mit den sie begleitenden Knüllungsstörungen bedeutet eine im Verlaufe der Kaltreckung fortschreitende Zerteilung der einheitlich orientierten Raumgitterbezirke. Allerdings ist diese Zerteilung nicht so zu denken, daß allmählich ein immer kleiner werdendes Aggregat von wohl abgegrenzten Kristalliten entsteht, sondern das kaltgereckte Metall besteht aus einer großen Anzahl von Raumgitterbezirken mit verschieden hohem Zwangszustand und mit mehr oder weniger kontinuierlichen Richtungsübergängen. Was den physikalischen Zustand der geknüllten Raumgitterteile betrifft, so ist es nach den Ausführungen von *Polanyi* durchaus wahrscheinlich, daß sie sich im Zustande starker elastischer Beanspruchung befinden³⁾. Das Verschwinden der dislozierten Reflexion bei der Kaltreckung kann wohl als Folge dieses Zustandes betrachtet werden.

Wir nehmen an, daß der durch die Knüllung hervorgerufene Zwangszustand thermodynamisch unbeständiger ist als der normale Zustand. Der Zwangszustand strebt in den normalen Zustand zurückzukehren, wird jedoch daran durch die dem

¹⁾ Z. f. Physik 12, 58, 1922 usw.

²⁾ Arbeiten von *Groß*, *Polanyi* und *Czocharski* (erscheinen demnächst in der Zeitschrift f. Metallkunde).

³⁾ Diese Beanspruchung kann nach unseren Vorstellungen innerhalb der Raumgitterelemente bis zum hundertfachen Betrage der technisch festgestellten Bruchspannungen betragen. Der Deformationszustand des kaltgereckten Metalles ist also als mikroelastisch und zugleich makroplastisch zu bezeichnen.

¹⁾ Lehrbuch der Metallographie, 1. u. 2. Auflage; dort auch Literatur angegeben.

²⁾ Die Beweiskraft der Röntgenbefunde wird von einigen Seiten bezweifelt, jedoch, wie wir glauben, ohne genügenden Grund.

Kristallzustand eigentümliche Trägheit gehindert, weil ein Kristall als ein über weitere Bezirke hinweg ziemlich stark gekoppeltes System anzusehen ist, aus dem die Lösung einzelner Atome oder Atomgruppen zunächst unmöglich ist.

Wie findet nun in einem solchen Gebilde die Rekristallisation statt? Wenn wir uns den Zwangszustand des Raumgitters innerhalb eines Metalles in Abhängigkeit von der räumlichen Verteilung darstellen, so erhalten wir etwa die Fig. 11¹⁾. Neben verhältnismäßig spitzen Maximis des Zwangszustandes, wie sie der unmittelbaren Nähe der bevorzugten Gleitflächen entsprechen, erhalten wir dazwischenliegend Minima. Diese Minima sind thermodynamisch beständiger als die Maxima, und die diesen Minimis angrenzenden Raumgittergebiete werden deshalb das Bestreben haben, sich dem Zustand der Minima anzugliedern. Die Minima haben eben die Bedeutung von Rekristallisationskeimen, die bei genügender Temperaturerhöhung die oben erwähnte Trägheit des Raumgitters von vornherein beseiti-

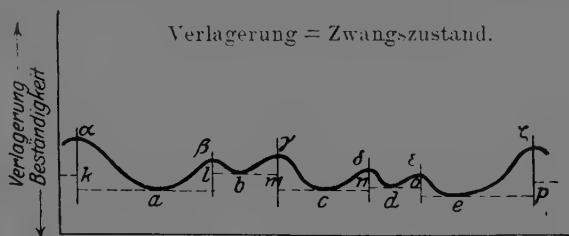


Fig. 11. Schema des Zwangszustandes in einem kalt-gereckten Metalle.

gen und die zur Ausheilung des umgebenden Raumgittergefüges führen. Wenn wir uns jedoch vorstellen, daß diese als Kerne wirkenden Raumgitterbezirke sich ihre Umgebung Netzebene für Netzebene angliedern, und ferner den oben erwähnten starken Koppelungszustand des Raumgitters berücksichtigen, so erscheint es plausibel und notwendig, daß die sich an den Kernen anlagernden Kristallschichten im wesentlichen den Zwangszustand des Kernes annehmen, d. h. also, daß eine vollständige Beseitigung des Zwangszustandes auf diese Weise nicht möglich ist.

Wenn wir nun zu unserer Fig. 11 zurückkehren, so werden wir demnach den Rekristallisationsvorgang folgendermaßen darstellen. Der Stabilitätszustand der Minima breitet sich, zugleich unter der Aufprägung der in den Kernpunkten herrschenden Orientierungen, auf die Umgebung aus, bis derartig einheitlich orientierte Gebilde sich gegenseitig berühren, wie das die punktierten Linien der Fig. 11 darstellen. Der erste Vorgang

¹⁾ Diese Darstellung ist notwendigerweise sehr unvollkommen und einseitig und gibt nur ein rohes Bild des kaltgereckten Metalles. Insbesondere sind in ihr die Orientierungen und überhaupt die materiellen Eigenschaften der Raumgitterelemente nicht zur Darstellung gelangt, obgleich diesen sicher eine große Bedeutung zukommt. Siehe Masing, Zeitschr. f. Metallkunde 1921.

der Rekristallisation ist damit abgeschlossen. Wir wollen nun verfolgen, in welcher Weise sich dieser erste Vorgang bei der Beobachtung darstellt. Wir haben gesehen, daß die erste Andeutung von neu wahrnehmbaren Kristalliten nicht durch ihre Korngrenzen, sondern durch Ätzfigurenbildungen (dislozierte Reflexion) erfolgt. Im Zusammenhang mit unserem Anschauungsbilde ist das durchaus verständlich. Die dislozierte Reflexion kann ja bereits auftreten, sobald nur genügend große Oberflächenelemente einheitlich orientiert sind. Die Beobachtung der deutlichen Korngrenzen wird aber erst möglich, wenn wohldefinierte, verschieden orientierte Raumgitterbezirke aneinander stoßen. Auch nach der entwickelten Anschauung muß also, durchaus in Übereinstimmung mit den Tatsachen, zuerst die Ätzbarkeit und dann die Korngrenzenbildung wieder auftreten.

Ferner ist die Zahl der Minima des Zwangszustandes eines gereckten Metalles gegeben, damit aber nach dem entwickelten Bilde das zuerst entstehende Rekristallisationsgefüge. Dieses ist, wie auch die Beobachtung zeigte, von den Bedingungen der Rekristallisation unabhängig.

Der weitere Vorgang der Korngrenzenwanderungen spielt sich nun in einer ähnlichen Weise ab, indem Bezirke mit größerer Beständigkeit auf Kosten der weniger beständigen Nachbarn wachsen. Wie man das ohne weiteres aus der Fig. 11 ersehen kann, führt dieser Vorgang notwendigerweise zur ständigen Vergrößerung des durchschnittlichen Kristallkornes. Daß dieser zweite Vorgang so viel langsamer als der erste Vorgang der Herausbildung des primären Kornes verläuft, erklärt sich vermutlich erstens aus dem geringeren Beständigkeitsunterschied der nunmehr entstandenen Kristallite und zweitens aus dem bei der Grenzenwanderung notwendig eintretenden sprunghaften Orientierungswechsel, der wohl als ein Hindernis zu betrachten ist.

Meistens scheint die Rekristallisation sich auf die beiden geschilderten Vorgänge zu beschränken. Wir haben gesehen, daß nach der entwickelten Anschauung dieser normale Rekristallisationsvorgang nur so weit die Beseitigung des Zwangszustandes ermöglicht, als sie den Zwangszustand von wenigstens einigen der ursprünglich vorhandenen Minima nicht unterschreitet. Daraus, daß auch in der Nähe des Schmelzpunktes keine anderen Rekristallisationsvorgänge auftreten, ist zu folgern, daß entweder der Zwangszustand der erhaltenen Minima ein so geringer ist, und von vornherein ein so geringer war, daß er sich bis nahe an den Schmelzpunkt erhalten kann, oder aber, daß die oben gemachte Annahme, daß ein Minimum bei der Einverleibung seiner Umgebung derselben seinen Zwangszustand voll aufprägt, nicht genau zutrifft. Bei der Betrachtung der Anomalien der Rekristallisation werden wir weitere Tatsachen zur Klärung dieser Frage bringen.

Es scheint, daß die geschilderten Anschauun-

gen bereits einen ziemlich guten und sicheren Überblick über die Erscheinungen der normalen Rekristallisation geben und sich den zum Teil recht verwickelten experimentellen Zusammenhängen gut anpassen. Allerdings sind die Anschauungen zunächst vorwiegend formaler Natur, und es ist

im Obigen keine atomistische Vorstellung des Rekristallisationsvorganges gegeben worden. Das ist gewiß eine Schwäche, die heute, in einer extrem atomistisch denkenden Zeit, besonders fühlbar ist. In einer zweiten Arbeit sollen in dieser Richtung einige Ansätze gemacht werden.

Über Ursprung, Schicksal und Höhe des Blutzuckers.

Von E. J. Lesser, Mannheim.

I.

Die Frage nach der Höhe des Blutzuckers wird gewöhnlich unter der Überschrift „Die Regulation des Blutzuckers“ behandelt. Und wenn man von der „Regulation des Blutzuckers“ spricht, so denkt man zunächst daran, daß dem Blutzucker im allgemeinen bei einer bestimmten Tierart und in einer bestimmten Jahreszeit eine gewisse durchschnittliche Höhe zukommt. Hat in einem Falle der Blutzucker dauernd einen anderen Wert, etwa einen erheblich höheren, so ist das dem betreffenden Organismus „schädlich“ und führt schließlich seinen Tod herbei. Es müssen also — schließt der naive Teleologe — Einrichtungen vorhanden sein, welche das verhindern und den Blutzucker „regulieren“, d. h. ihn auf seiner normalen Höhe halten, welche freilich für die verschiedenen Klassen der Wirbeltiere außerordentlich verschieden ist. In dem Ausdruck „Regulation des Blutzuckers“ ist also eine ganz bestimmte Meinung über die Welt der Organismen bereits enthalten; und zwar ist dies die folgende: Sie seien „zweckmäßig“ konstruiert und ihr Zweck sei „zu leben“. Daher sollte in Zukunft dieser Ausdruck nicht mehr gebraucht werden, denn ob die Welt der Organismen überhaupt einen Zweck habe und ob sie gar diesem Zweck entsprechend höchst weise konstruiert sei, das ist eine Sache, welche, wenn überhaupt von Menschen, dann sicher nicht von Physiologen entschieden werden kann. Für den Physiologen kann es nur die Frage geben, woher stammt der Blutzucker? Was wird aus ihm? Wie kommt es, daß er in der erdrückenden Mehrzahl der Fälle nur sehr geringe Schwankungen um einen Mittelwert aufweist? Wann ist er beträchtlich höher? Wann beträchtlich niedriger, als diesem Mittelwert entspricht? Diese Fragen in den kurzen Begriff der „Regulation des Blutzuckers“ zusammenzufassen, ist zwar gebräuchlich und bei der philosophischen Sorglosigkeit der Biologen nicht weiter verwunderlich. Wer aber, mit Variation des bekannten Ausspruchs von Kant über die Sicherheit in den Naturwissenschaften, sich zu der Meinung bekennt, daß nur soviel Sicherheit in der Physiologie zu finden sei, als Physik und Chemie in ihr enthalten wäre, der muß alle Ausdrücke, in welchen teleologische Begriffe maskiert vorhanden sind, vermeiden, denn er hat nur eine Aufgabe: Kausalketten aufzudecken.

II.

Die Frage: woher stammt der Blutzucker? kann kurz und eindeutig beantwortet werden; er stammt aus der Leber. F. C. Mann hat dies durch Versuche bewiesen, in denen er die Folgen der totalen Leberextirpation und ihre Verhütung beschrieben hat. Die totale Leberextirpation wird von Hunden etwa 8 Stunden überlebt. Dann geht das Tier unter charakteristischen Krankheiterscheinungen zugrunde, dem Symptomenkomplex, welcher der Hypoglykämie entspricht (Muskelschwäche, Verschwinden der Reflexe, darauf folgend Übererregbarkeit und Krämpfe). Nach totaler Leberextirpation sinkt nämlich der Blutzucker dauernd. Bei 0,05 % Blutzucker treten die ersten Krankheitssymptome, bei 0,03 % der Tod ein. Wird aber dem Tier pro kg Körpergewicht und Stunde 0,25 bis 0,5 g Glukose per os oder intravenös zugeführt, so treten die Krankheitssymptome der Hypoglykämie nicht ein. Es gelingt, die Tiere statt 8 Stunden bis zu 34 Stunden am Leben zu erhalten. Tiere, die infolge der Hypoglykämie bereits Atemstillstand bei noch schlagendem Herzen aufwiesen, konnten durch künstliche Atmung und intravenöse Glukoseinjektion in kurzer Zeit wieder „normal“ gemacht werden. Außer Glykose heilt nur noch Maltose und Mannose die Hypoglykämie. Zahlreiche andere chemische Substanzen, darunter Milchsäure, Alkalien, Aminosäuren, anisotonische Salzlösungen waren alle unwirksam. Diese Versuche lehren also, daß der Blutzucker aus dem Blute zum größten Teil verschwindet, wenn die Leber fehlt. Außerdem gestatten sie die Zuckermenge annähernd zu bestimmen, welche pro Stunde aus der Leber in das Blut eines ruhenden Hundes übergeht. Wir werden diese Größe derjenigen ungefähr gleichsetzen dürfen, welche einem leberlosen Tiere zur Verhütung der hypoglykämischen Krankheiterscheinungen zugeführt werden muß. Diese beträgt 0,25 bis 0,5 g pro kg Tier und Stunde. Da das Lebergewicht eines mit Fleisch gefütterten Hundes 3,3 % des Körpergewichtes ausmacht, so würden 1 kg Tier 33 g Leber entsprechen, welche pro Stunde mindestens 250 mg Traubenzucker in das Blut übertreten lassen. 100 g Leber würden pro Stunde eine Zuckermenge von mindestens 0,75 g abzugeben haben, was einem Glykogenverlust von rund 0,7 % des Lebergewichts entsprechen würde. Bei einem Gly-

kogengehalt von 7 % würde also die Leber in 10 Stunden glykogenfrei werden müssen, wenn in der Leber keine Glykogensynthese aus Nahrungskohlehydrat oder anderen Stoffen, welche keine Kohlehydrate sind, stattfände.

III.

Die Prozesse, durch welche der Blutzucker im Blute abnimmt, können zweierlei Art sein. Der Blutzucker kann im Blute durch Glykolyse unter Bildung von Milchsäure, Essigsäure, Ameisensäure und Kohlenoxyd abnehmen (*Sloss*), oder er kann aus dem Blute in die Organe übergehen, in die Muskeln, die Drüsen, das Zentralnervensystem. In diesen kann der aus dem Blute eingewanderte Zucker entweder polymerisiert und zu Glykogen aufgebaut oder durch mehr oder weniger komplizierte chemische Prozesse schließlich zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Genau erforscht sind die Anfangsstadien dieser glykolytischen Prozesse in den Geweben besonders beim quer gestreiften Muskel durch *Fletcher* und *Hopkins*, *A. V. Hill*, *Parndt* und *Meyerhof*. Es hat sich als endgültiges Resultat ergeben, daß bei der Muskeltätigkeit aus dem Glykogen zunächst Milchsäure wird, welche zum Teil oxydativ zu Kohlensäure und Wasser abgebaut, zum Teil zu Glykogen regeneriert wird. Daß das Blut beim Durchfließen durch einen tätigen Muskel Zucker verliert, ist durch die Versuche von *Chaureau* und *Kaufmann* bewiesen worden. Ebenso ist bekannt, daß das herausgeschnittene schlagende Herz des Warmblüters, das von künstlicher Nährlösung durchflossen wird, dieser Zucker entnimmt. Wenn also einerseits aus der Leber dem Blute Zucker zugeführt wird, strömt dieser andererseits in die Gewebe ab. Ein Konstantbleiben der Höhe des Blutzuckerspiegels ist daher nur möglich, wenn der Zuckezufluß aus der Leber in das Blut stets ebenso groß ist als der Zuckerabfluß in die Gewebe. Da nun ein sehr wichtiger Faktor bei dem Zuckerabstrom in die Gewebe die Muskeltätigkeit ist (Versuche von *Chaureau* und *Kaufmann*), diese aber außerordentlich wechselnd ist — werden doch die Muskeln „willkürlich“ bewegt —, so muß auch der Zuckerezstrom aus der Leber in das Blut außerordentlich variieren, wenn der Blutzucker auch nur annähernd konstant bleiben soll.

IV.

Die Zuckerabwanderung aus dem Blute kann durch Vergiftung der Tiere mit Phlorizin sehr stark vermehrt werden. Das Phlorizin wirkt dabei in erster Linie auf die Nieren, welche zuckerdurchlässig werden und beträchtliche Zuckermengen in den Harn übertreten lassen. Da nun hierbei die Höhe des Blutzuckers sich kaum verändert, so muß aus der Leber entsprechend dem Verlust des Zuckers im Harn mehr Zucker ins Blut übergetreten sein. Es erscheint daher die Geschwindigkeit, mit der Zucker aus der Leber

in das Blut übertritt, von dem Blutzuckergehalt des die Leber durchströmenden Blutes abhängig zu sein. Über die Art dieser Abhängigkeit, über den Mechanismus dieses Vorgangs sind wir aber noch völlig im Unklaren. Dagegen sind einige Beeinflussungen der Höhe des Blutzuckers bekannt, deren Mechanismus als bis zu einem gewissen Grade aufgeklärt angesehen werden kann.

V.

Bei dem Übertritt von Zucker aus der Leberzelle in das Lebervenenblut handelt es sich um einen Diffusionsprozeß, dessen Geschwindigkeit namentlich vom Gefälle, d. h. von der Konzentrationsdifferenz des Zuckers in der Leberzelle und dem Blute abhängig ist. Wenn die Zuckermenge in der Leberzelle zunehmen soll, so muß bei sonst gleichen Verhältnissen die Zuckerbildung in ihr zunehmen. Diese Zuckerbildung ist ein enzymatischer Vorgang. Bei einer normalen glykogenhaltigen Leber stammt der ganze in ihr nachweisbare Zucker aus dem Glykogen, aus dem er durch die Leberdiastase gebildet wird. Enzymatische Prozesse können in ihrer Geschwindigkeit durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Durch die Temperatur, die aktuelle Reaktion, Kofermente oder Aktivatoren, Veränderung der Konzentration des Katalysators. Die Temperatur in der Leberzelle ist beim Warmblüter konstant und kann beim Kaltblüter experimentell konstant gehalten werden, hat also keine Bedeutung, dagegen muß die Wasserstoffzahl in der Leber eine Rolle spielen. Es ist von Wichtigkeit, sich über die Größe klar zu werden, um welche die Geschwindigkeit der Zuckerbildung in der Leber durch Änderung der Wasserstoffzahl im Gewebe geändert werden kann. Die Wasserstoffzahl in der Froschleber liegt nach *Pechstein* bei 7,1, nach eigenen Versuchen mit anderer Methodik ist sie saurer als 7,08 und alkalischer als 6,92. Das Optimum der Chlordiastase liegt bei 6,8. Durch Änderung der Wasserstoffzahl von 7,16 auf 6,8 fand *Lengfeldt* in vitro eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Glykogenhydrolyse im Verhältnis von 1 zu 1,6. Ich fand an der herausgeschnittenen Froschleber eine Beschleunigung gleicher Größenordnung. Wurde die Leber durch Durchströmung mit gepufferter Kochsalzlösung von der pH des Optimums der Chlordiastase künstlich gesäuert, so fand sich ein Anwachsen der Zuckerbildung im Verhältnis von 1 : 1,8. Die Beeinflussung der Geschwindigkeit der Zuckerbildung in der Leberzelle durch Änderung der Wasserstoffzahl ist also von gleicher Größenordnung wie die im Reagenzglas erhaltbare. Dagegen erscheint es fraglich, ob intra vitam jemals in der Leberzelle eine so starke Verschiebung der pH eintritt; wahrscheinlich wird die Rolle, welche die Änderung der pH bei der physiologischen Zuckerbildung spielt, häufig überschätzt. Denn selbst die Verschiebung der Reaktion der die Leber durchströmenden Flüssigkeit auf das

Optimum der Diastase bewirkt noch keine Verdoppelung der Geschwindigkeit der Zuckerbildung. Da es sich ferner in der Leberzelle immer um eine Diastasewirkung bei Gegenwart von Chlorionen handelt und außer den Einflüssen der Anionen anorganischer Salze keinerlei Aktivatoren der Diastase bekannt sind, kann eine starke Beschleunigung der Geschwindigkeit der Zuckerbildung in der Leberzelle nur durch Vermehrung der Katalysatorkonzentration, durch Vermehrung der wirksamen Diastase in der Leberzelle bewirkt werden.

VI.

Das Nächstliegende wäre nun, jedesmal, wenn eine Vermehrung der Zuckerbildung in der Leberzelle nachweisbar wird, welche mehr als das Doppelte beträgt, eine Vermehrung der Diastase durch Neubildung in der Leberzelle anzunehmen. Diese Annahme kann aber die Tatsache nicht erklären, daß — mitunter nach ganz kurzer Zeit — die Zuckerbildung wieder auf den anfänglichen kleineren Wert zurückkehrt, denn irgendwelche Vorgänge, welche Diastase in der Leberzelle zerstören könnten, sind uns nicht bekannt. Daß aber bei Beeinflussungen, welche die Geschwindigkeit der Glykogenhydrolyse vorübergehend auf das Vier- bis Sechsfache steigern, bei der Rückkehr zur Anfangsgeschwindigkeit nicht mehr Diastase als gewöhnlich aus der Leberzelle ausgespült wird, ließ sich experimentell beweisen, indem die Durchspülungsflüssigkeit nach Austritt aus der Leber nicht nur quantitativ auf Zucker, sondern ebenso auf Diastase geprüft wurde. Es muß also in der Leberzelle ein Teil der Diastase unwirksam sein, aber unter bestimmten Bedingungen wirksam werden können, während ein anderer Teil dauernd wirksam ist. Ein Teil der Diastase ist „latent“, wie dies *Bang* ausgedrückt hat. Wir müssen uns aber weiter fragen, warum ein Teil der Diastase latent ist. Die Antwort lautet, weil dieser Teil an Oberflächen der Zellstruktur adsorbiert ist. Durch oberflächenaktive Stoffe kann er aus der Adsorption verdrängt und damit wirksam werden. Durchströmt man die Leber z. B. mit Salzlösungen, welche durch Zusatz verschiedener homologer Alkohole isokapillar gemacht wurden, so erhält man eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Zuckerbildung in der Leber etwa auf das Vierfache. Die Alkoholkonzentrationen waren dabei dieselben, welche *Warburg* angewendet hat, um die Oxydationsgeschwindigkeit in Zellen um 50 % herabzusetzen (Äthylalkohol 1,6, Propylalkohol 0,8, Butylalkohol 0,15, Amylalkohol 0,045 Mole pro Liter). Ebenso wirkt, wie *Fröhlich* und *Pollack* fanden, auch Äthyläther in 2 prozentiger Lösung. Ferner kann adsorbierte Diastase dadurch in Lösung gebracht werden, daß man durch osmotische Einwirkungen (durch Spülung mit hypertotonischer Salzlösung) die Leberzelle zu plötzlicher starker Wasserabgabe und damit zur Schrumpfung bringt. Dabei werden die adsorbierenden Oberflächen verkleinert und Diastase geht in Lösung. Die zuckertreibende Adrenalinwirkung an der

herausgeschnittenen Leber ist von gleicher Größenordnung wie die Beschleunigung, welche durch Durchströmung mit hypertotonischer Salzlösung oder homologen Alkoholen in den oben angegebenen Konzentrationen erhalten wird. *Fröhlich* und *Pollack* haben aber gezeigt, daß die Adrenalinwirkung durch Ergotoxin aufgehoben wird, während die Ätherwirkung durch Ergotoxin nicht beeinflusst wird. Sie haben daraus geschlossen, daß das Adrenalin bei seiner zuckertreibenden Wirkung an den Endapparaten des Sympathicus in der Leberzelle angreift. Denn nach den Untersuchungen *Dales* lähmt Ergotoxin die fördernden Endigungen des Sympathicus elektiv. Nun kann aber die Erregung des Endapparates des Sympathicus an sich keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit eines enzymatischen Prozesses haben, wie es die Hydrolyse des Glykogens durch Diastase ist. Wohl aber können wir uns vorstellen, daß diese nervöse Erregung reversibel, d. h. solange sie dauert, eine Verkleinerung der Oberflächen bewirkt, an denen Diastase adsorbiert ist. Dadurch würde adsorbierte Diastase in Lösung gehen und wirksam werden. Hat die Nervenregung aufgehört, so kehren die adsorbierenden Oberflächen in den alten Zustand zurück und es würde gelöste Diastase rückadsorbiert werden. Die Menge der gelösten wirksamen und der adsorbierten unwirksamen Diastase würde jeweils mit Änderungen der adsorbierenden Oberflächen sich ändern.

VII.

Es gibt eine weitere Beeinflussung, durch welche man die Geschwindigkeit der Zuckerbildung in der herausgeschnittenen Froschleber auf das Drei- und Vierfache steigern kann. Man muß nämlich Lebern von Tieren benutzen, welche nach totaler Pankreasextirpation diabetisch geworden sind. Solche Lebern zeigen bei Adrenalinwirkung keine Erhöhung der Geschwindigkeit der Zuckerbildung mehr. Wir müssen also annehmen, daß bei völligem Fehlen des Pankreas-hormons in der Leberzelle sämtliche adsorbierte Diastase in Lösung gegangen ist. Daher ist nun die Geschwindigkeit der Glykogenhydrolyse dauernd auf mindestens das Drei- bis Vierfache der normalen Geschwindigkeit gesteigert. Die Folge davon ist, daß die Leber in längerer oder kürzerer Zeit, je nachdem es sich um kalt- oder warmblütige Tiere handelt, extrem glykogenarm wird. Denn das Gleichgewicht zwischen Glykogen, Traubenzucker und Wasser liegt ganz nach der Seite der Hydrolyse hin. Daher ist eine normal glykogenhaltige Leber nur möglich, wenn nur ein kleiner Teil der gesamten Diastase in Lösung vorhanden und damit wirksam ist. Wie groß dieser Teil ist, hängt von den Eigenschaften der adsorbierenden Oberflächen ab. Das Adrenalin wirkt, indem es auf dem Umwege über den Sympathicusendapparat die Diastase adsorbierende Fähigkeit der Oberflächen herabsetzt, das innere Sekret des Pankreas, indem es diese erhöht. Ist das innere Sekret des Pankreas dauernd in der

Leberzelle nicht vorhanden, so erlischt überhaupt die Fähigkeit der Oberflächen zur Diastaseadsorption.

VIII.

Banting und *Best* ist es gelungen, das innere Sekret des Pankreas darzustellen, sie haben es Insulin genannt. Sie und ihre Mitarbeiter fanden, daß Insuliniinjektionen am pankreasdiabetischen Tiere und am diabetischen Menschen die Symptome der Hyperglykämie und Glykosurie vorübergehend zum Verschwinden bringen. Ferner wird die Verbrennung der Kohlenhydrate ebenso wie die Glykogensynthese in der Leber erheblich gesteigert. Ein herausgeschnittenes, künstlich durchströmtes Kaninchenherz bringt etwa 3 mal so viel Zucker aus insulinhaltiger Nährlösung zum Verschwinden als aus einer insulinfreien. Der wichtigste Befund ist aber der folgende: Wird eine ausreichende Insulindose einem seit 16 Stunden hungernden Kaninchen injiziert, so kann das Krankheitsbild der Hypoglykämie erzeugt werden. Dies tritt auf, wenn der Blutzucker unter 0,045 % sinkt. Die den Blutzucker senkende Eigenschaft des Insulins wird als physiologische Meßmethode benutzt, um den Gehalt der verschiedenen Pankreasextrakte an Insulin ungefähr schätzen zu können. Die durch Insulingaben hervorgebrachten Krankheitserscheinungen der Hypoglykämie werden nun ebenso wie die nach Leberextirpation auftretenden durch Glukosezufuhr wieder rückgängig gemacht, und zwar ebenso beim diabetischen Menschen, dem eine zu große Dose Insulin gegeben wurde, wie beim Kaninchen. Um den Mechanismus der Insulinwirkung zu erklären, hat *MacLeod* angenommen, es entstehe nach Insulingabe ein „Zuckervacuum“ im Gewebe, so daß soviel Zucker aus dem Blut in die Gewebe strömt, daß das Blut hypoglykämisch wird. Dies widerspricht unserer Erfahrung, daß bei stärkerem Abstrom von Zucker aus dem Blut ins Gewebe oder von Zucker aus dem Blute in den Harn bei Phlorizinvergiftung stets eine entsprechend stärkere Zuckerbildung aus Leberglykogen gefunden wird, welche fast immer so groß ist, daß der Blutzucker nicht merklich absinkt. Die Annahme eines „Zuckervacuums“ in den Geweben allein genügt nicht, um das Sinken des Blutzuckers nach Insulingabe zu erklären. Es muß außerdem eine Erklärung dafür gegeben werden, warum dieses Sinken des Blutzuckers nicht wie gewöhnlich eine verstärkte Zuckerbildung in der Leber auslöst. Man versteht die Krankheitserscheinungen der Hypoglykämie besser, wenn man annimmt, daß die Hypoglykämie bei Insulingabe ebenso entsteht, wie bei Leberextirpation, nämlich durch Ausfallen der Zuckerbildung in der Leber, weil das Insulin die Zuckerbildung in der Leber umgekehrt beeinflußt wie das Adrenalin. Infolge des niederen Blutzuckerspiegels wird das Zuckergefälle aus dem Blut in die Organe um die Hälfte verringert und die Diffusionsgeschwindigkeit muß entsprechend

sinken. Durch intravenöse Zuckerzufuhr wird die normale Diffusionsgeschwindigkeit augenblicklich wieder hergestellt. Glykogen- und Zuckerbestimmungen in den Muskeln von Tieren unter Insulinwirkung würden Klarheit schaffen können, ob ein Zuckervacuum in den Geweben überhaupt besteht. Warum aber Krankheitserscheinungen auftreten sollen, nur weil der Blutzucker niedrig ist, während die Organe so große Zuckermengen aufgenommen haben, daß eben dadurch der Blutzucker gesunken ist, das ist schwer einzusehen. Wahrscheinlich greift das Insulin in erster Linie in der Leber an als echter Antagonist des Adrenalins und drückt die Geschwindigkeit der Zuckerbildung durch die Diastase aus dem Leberglykogen ebenso herab, wie Pankreasextirpation die Geschwindigkeit dieses Prozesses auf das Drei- und Vierfache steigert.

IX.

Wir haben gesehen, daß der Blutzucker aus der Leber stammt, daß er in den Geweben verschwindet, daß es Mittel gibt, ihn zu erhöhen und herabzusetzen, daß dies dazu zwingt, sich Vorstellungen über den Mechanismus der Zuckerbildung in der Leber zu machen, die wiederum zu Vorstellungen über die Art führen, wie Nervenregungen auf die Geschwindigkeit enzymatischer Prozesse in der Zelle Einfluß haben können. Damit ist aber die Frage, warum der Blutzucker beim Hungertier eine so konstante Größe ist, warum er nach Nahrungsaufnahme nach kurzer Steigerung so rasch wieder auf seinen normalen Wert zurückkehrt, nicht gelöst. Die Versuche liegen nahe, dies alles auf das Zuckerzentrum im Zentralnervensystem zu schieben. Solange aber Versuche nicht vorliegen, welche zeigen, daß der Zuckergehalt des am Zuckerzentrum im Zentralnervensystem vorüberströmenden Blutes eine ähnliche Rolle bei der Erregung des Zuckerzentrums spielt, wie etwa der Kohlensäuregehalt des Blutes bei der Erregung des Atemzentrums, ist ein solcher Hinweis wertlos. Wir müssen uns bis dahin mit dem Erreichten begnügen. Wir kennen jetzt Einflüsse, welche die Zuckerbildung aus dem Glykogen in der Leberzelle steigern, neben anderen, welche sie herabsetzen und haben über den Mechanismus dieser Vorgänge bestimmte Vorstellungen gewonnen. Ob und unter welchen Bedingungen die steigenden und hemmenden Einflüsse wirksam werden, das muß durch zukünftige Versuche entschieden werden.

Literatur:

- F. C. Mann* u. Mitarbeiter. Am. Journ. of the med. scienc. 161, 37, 1921; Archiv of int. Med. 30, 73—84, 1922; ebenda 30, 171, 1922; Am. Journ. of physiol. 59, 484.
Frölich u. *Pollak*, Schmiedebergs Archiv 77, 265, 1914.
E. J. Lesser. Ergebn. inn. Med. u. Kinderheilk. 16, 279, 1919.
E. J. Lesser, Biochem. Zeitschr. 102, 284, 1920; 102, 294, 1920; 102, 304, 1920; 103, 1, 1920; 119, 108, 1921.
MacLeod u. Mitarbeiter. Journ. of physiology 53, 234, 1923 (dasselbst Literatur über Insulin).

Geschlechtsgebundene und geschlechtsbegrenzte Vererbung bei Fischen.

Von Theo J. Stomps, Amsterdam.

Bis vor kurzem war über Vererbung bei Fischen noch nicht so sehr viel bekannt. Jetzt aber kann man dies nicht mehr sagen, und zwar dank einer Reihe von Untersuchungen, die in den letzten Jahren namentlich von japanischen und dänischen Forschern veröffentlicht worden sind. Das Interessanteste an diesen Untersuchungen ist vielleicht, daß wir dadurch eine Vererbungsweise kennen gelernt haben, die als vollständig neu gelten kann, eine Vererbung durch das y-Chromosom, wie man ganz kurz sagen könnte. Aber vielleicht ist nicht allen Lesern bekannt, was man eigentlich unter einem y-Chromosom versteht. Darum zuerst ein Wort über die sogenannten Geschlechtschromosomen!

Seit etwa 25 Jahren wissen wir, daß verschiedene Tierarten dadurch gekennzeichnet sind, daß die Chromosomengarnituren der Weibchen und Männchen nicht dieselben sind. Sehr häufig kommt es vor, bei vielen Hemipteren oder Halbflüglern z. B., bei Heuschrecken usw., daß die Männchen ein Chromosom weniger in den Kernen haben als die Weibchen. Diese letzteren haben in den Körperzellen, wie man es als Folge der vorangehenden Befruchtung nicht anders erwartet, zwei gleichwertige Sätze von Chromosomen aufzuweisen. Die Männchen aber haben nur einen solchen Satz in jedem Kerne und dann noch einen unvollständigen Satz: einen Satz, dem ein Chromosom fehlt. Infolgedessen kommt nur in der Hälfte der Spermatozoen, die ja bekanntlich durch Reduktionsteilung, d. h. durch Auseinanderfallen der Körperzellen in ihre ursprüngliche Komponente, entstehen, ein vollständiger Chromosomensatz vor, und in den anderen Spermatozoen fehlt ein Chromosom. Die Spermatozoen des zuerstgenannten Typus sind die weibchenliefernden, die des zweiten rufen Männchen ins Dasein. Dasjenige Chromosom, das bei den Weibchen zweimal vertreten ist, bei den Männchen nur einmal, hat man das Geschlechtschromosom oder x-Chromosom genannt. Bisweilen, so bei der Fliege *Drosophila*, kommt es vor, daß die Männchen bei den Kernteilungen neben dem einen x-Chromosom noch einen Rest des zweiten x-Chromosoms, ein im Verschwinden begriffenes x-Chromosom also, zeigen. Letzteres hat man y-Element getauft, und es hat sich bis jetzt immer als ein für die Erbllichkeit wertloser Rest eines Chromosoms erwiesen, das keine erblichen Eigenschaften trägt. Bei verschiedenen Tierarten, so vor allem bei Schmetterlingen — berühmt ist der Fall vom Nachtfalter *Abraxas* — und Vögeln, liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt, wie sie hier beschrieben wurden, und findet man bei den Männchen, die nun homogametisch sind, d. h. einen Typus von Spermatozoen erzeugen, zwei gleichwertige Geschlechts-

chromosomen, bei den heterogametischen Weibchen hingegen nur ein solches Chromosom und daneben höchstens einen Rest eines zweiten.

Die hier erwähnten Verhältnisse bringen für gewisse Merkmale der betreffenden Arten, nämlich für die, welche ihren Sitz im Geschlechtschromosom haben, eine sehr merkwürdige Vererbungsweise mit sich, für die man die Bezeichnung „Geschlechtsgebundene Vererbung“ — englisch: sex-linked inheritance — eingeführt hat. Gesetzt, wir kreuzen ein normales *Drosophila*-Männchen mit einem Weibchen, das Verlustvarietät ist in bezug auf ein im x-Chromosom liegendes Merkmal, so werden alle Weibchen der ersten Generation normal werden, da wenigstens in einem ihrer beiden Geschlechtschromosomen die aktive Eigenschaft für den normalen Zustand vorkommt, alle Männchen aber anomal, da ihr einziges x-Chromosom von der anomalen Mutter herrührt. Die umgekehrte Kreuzung, normales Weibchen \times abweichendes Männchen, liefert in der ersten lauter normale Individuen, wie der Leser nun leicht selbst einsehen kann, und die zweite Generation stellt sich aus lauter normalen Weibchen und zur Hälfte normalen, zur Hälfte aber anomalen Männchen zusammen. Man sieht, es besteht hier ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Art und Weise, wie sich das gedachte Merkmal vererbt, und dem Geschlechte, und daher rührt die Bezeichnung „geschlechtsgebundene Vererbung“. Benutzt man für die Kreuzungen Vertreter aus den Gruppen der Vögel und Schmetterlinge, so fallen die Resultate selbstverständlich umgekehrt aus.

Hiermit dürfte der Leser wenigstens einigermaßen über das Geschlechtschromosomenproblem und geschlechtsgebundene Vererbung orientiert sein, und somit können wir jetzt zur Besprechung der in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten über Fische schreiten. Es sind an erster Stelle ein Aufsatz von *Tatuo Aida* „On the inheritance of color in a fresh-water fish, *Aplocheilichthys latipes* Temmick and Schlegel, with special reference to sex-linked inheritance“, in „Genetics“, Bd. 6, Nov. 1921, und sodann einige Mitteilungen von *Johs. Schmidt* und *O. Winge* in den *Comptes rendus* vom Carlsberglaboratorium in Kopenhagen.

Aida arbeitet also mit *Aplocheilichthys latipes*. Referent vermutet, daß *Aplocheilichthys* dasselbe ist wie *Haplocheilichthys*, und dann würde die Art zu den sogenannten Zahnkarpfen gehören. *Aida* sagt von ihr, daß der japanische Name Medaka ist und die Art sehr gemein ist, „in our streams and paddy fields“. Die wilde Form ist braun und schwarz, und von Händlern bezog der Verfasser noch vier weitere Typen, nämlich einen orangefarbenen, einen orangefarbenen mit schwarzen Flecken,

einen weißlichen und einen weißlichen mit schwarzen Flecken. Man sieht, das sind Farben, die an diejenigen unserer Goldfische erinnern.

Eine Reihe von Kreuzungen wurde nun zwischen den genannten Typen ausgeführt. Die Kreuzung rot \times weiß ergab in erster Generation nur rote Individuen, in der zweiten drei rote auf ein weißes, fügte sich also dem bekannten Mendelschen Schema. Dasselbe trifft zu für die Kreuzung braun \times rot, und im Zusammenhang hiermit zeigte eine Kreuzung zwischen braunen und weißen Individuen in der zweiten Generation eine Spaltung in braune, rote, blaue und weiße Individuen im Verhältnis 9 : 3 : 3 : 1. Das ist alles nichts Besonderes und war vorher von K. Toyama und M. Ishiwara auch schon gefunden worden. Offenbar bedingt eine Eigenschaft *R* die orangefarbene Farbe und eine weitere Eigenschaft *B* (blau) zusammen mit ihr die braune Farbe der wilden Art.

Interessanter sind schon die Kreuzungen zwischen schwarzgefleckten Individuen und ungefleckten. Zwar spalteten auch diese in der gewohnten Weise nach Mendel, was Aida die Veranlassung war, einen neuen Faktor *B'* für das Auftreten von schwarzen Flecken auf einem weißen oder orangefarbenen Hintergrund anzunehmen, aber hier möchte Referent sich eine Bemerkung erlauben. Es ist ihm nämlich nicht möglich, an einen besonderen Faktor für „Variegation“ zu glauben, dies wegen der einfachen Ursache, daß auch die Kreuzung braun \times rot mit schwarzen Flecken in der zweiten Generation eine Spaltung nach 3 : 1 zu erkennen gab. Der Leser untersuche dies nur einmal für sich selbst. Würde es zwei gesonderte Eigenschaften *B* und *B'* für braune (blaue) Farbe und dunkle Flecke geben, so muß es als gänzlich ausgeschlossen betrachtet werden, daß die drei Kreuzungen braun \times gefleckt, braun \times rot und gefleckt \times rot alle drei in der zweiten Generation im Verhältnis 3 : 1 spalten könnten. Die moderne Erblchkeitslehre glaubt sich hier aus der Schwierigkeit gerettet zu haben, indem sie von „multiple allelomorphs“ spricht — nicht wahr, „wo Begriffe fehlen“ usw. — und Th. H. Morgan spricht anläßlich seiner Untersuchungen an *Drosophila* von Eigenschaften, die denselben Platz in einem Chromosom einnehmen würden. Referent ist aber der Meinung, daß man hier und in ähnlichen Fällen am besten tut, an die Auffassung von Hugo de Vries zu denken, daß die Pangene oder die stofflichen Träger der erblichen Eigenschaften in verschiedenen Zuständen vorkommen können. Die Pangene *B* und *B'* Aidas für braune Farbe und dunkle Flecke sind im Zusammenhang hiermit nach seiner Überzeugung dasselbe Pangen, das sich lediglich im ersteren Falle in einem Zustande größerer Aktivität befindet als im zweiten. Die Untersuchungen R. Goldschmidts über Intersexualität bei Schmetterlingen haben uns ja auch bereits gelehrt, daß das gleiche Pangen bei verschiedenen Rassen einer Art in verschiedenen Graden der Aktivität anwesend sein kann.

Den wichtigsten Teil der Abhandlung Aidas bildet ohne Zweifel, was er über geschlechtsgebundene Vererbung bei *Aplocheilus* mitteilt. Es ist sicher wahr, daß Weibchen der weißen Rasse, gekreuzt mit roten Männchen, eine durchaus rote erste Generation ergeben und eine zweite, die sich aus 75 % roten und 25 % weißen Individuen zusammenstellt. Aber in der zweiten Generation sind alle Männchen rot, die Weibchen zur Hälfte rot und zur Hälfte weiß. Es ist klar, daß eine geschlechtsgebundene Vererbung im Spiele ist, und zwar eine ganz andere als die, welche wir von *Drosophila* und *Abraxas* gewöhnt sind. Aida hat hierfür folgende Erklärung ersonnen. An erster Stelle müssen wir annehmen, daß bei *Aplocheilus* ebenso wie bei *Drosophila* das weibliche Geschlecht durch zwei x-Chromosomen, das männliche durch ein x- und ein y-Chromosom gekennzeichnet ist. Nun, dazu kommen wir um so eher, als auch J. S. Huxley neulich anläßlich seiner Untersuchungen an einer *Girardinus*art zum selben Schlusse kam. Zweitens müssen wir annehmen, daß das y-Chromosom in diesem Falle nicht einen für die Erblichkeit wertlosen Rest eines Chromosoms darstellt, wofür man es, wie bereits oben bemerkt wurde, bis jetzt in anderen Fällen immer gehalten hat. Auch das y-Chromosom von *Aplocheilus* kann nach Aida eine aktive Eigenschaft für orangefarbene Farbe tragen. Schließt man sich ihm an, so wird das soeben mitgeteilte Kreuzungsergebnis sofort begreiflich. Man kann dann nämlich ein weißes Weibchen darstellen durch $X_r X_r$, ein rotes Männchen durch $X_R Y_R$. Die Kreuzung liefert Weibchen $X_r X_R$, die rot sind, und Männchen $X_r Y_R$, die gleichfalls rot sind. Die zweite Generation umfaßt in gleichen Quantitäten Individuen $X_r X_r$, $X_R X_r$, $X_r Y_R$ und $X_R Y_R$, stellt sich somit aus roten Männchen und nur zur Hälfte roten Weibchen zusammen.

Noch in einer anderen Hinsicht fand Aida das y-Chromosom von *Aplocheilus* merkwürdig und verschieden von allen anderen y-Chromosomen, die man bis jetzt kennen gelernt hat. Wenn eine männliche *Drosophila* durch Reduktionsteilung Spermatozoen erzeugt, so treten x- und y-Chromosom ganz sicher nicht miteinander in Beziehung, wie die anderen Chromosomen oder Autosomen solches tun, und es gibt, wie Morgan sich ausdrückt, kein „crossing-over“, bevor die beiden Chromosomensätze der Körperzellen und damit auch x- und y-Chromosom auseinander weichen. Demgegenüber ist bei *Aplocheilus* Männchen wohl ein Austausch der Eigenschaften zwischen x- und y-Chromosom während des sogenannten Synapsisstadiums der Reduktionsteilung möglich. Aida hat dies bewiesen, indem er weiße Weibchen zusammenbrachte mit den für die orangefarbene Körperfarbe heterozygotischen Männchen der ersten Generation der soeben besprochenen Kreuzung. Man erwartet ausschließlich rote Männchen der Formel $X_r Y_R$ und weiße Weibchen der Formel $X_r X_r$. Aida erhielt aber außerdem

vereinzelte rote Weibchen und vereinzelte weiße Männchen, was beweist, daß der Vater der Kreuzung nicht nur Geschlechtszellen X_r und Y_R , sondern auch einige Geschlechtszellen X_R und Y_r erzeugt hatte.

Man möchte indessen fragen, wenn das y-Chromosom von *Aplocheilus* dann aktive Eigenschaften tragen und einen Austausch mit dem x-Chromosom zeigen kann, ob es nötig, ob es zulässig ist, hier von einem x- und y-Chromosom zu reden. Es wäre nach der Meinung des Referenten genügend anzunehmen, daß ein Männchen durch einen latenten Geschlechtsfaktor in einem der Glieder eines bestimmten Chromosomenpaares gekennzeichnet ist, und daß die Eigenschaft für orangefarbene Körperfarbe zufälligerweise auch in diesem Chromosomenpaar liegt. Andererseits kann man nicht leugnen, daß diejenigen Forscher, die sich den das Geschlecht bestimmenden Faktor in den Geschlechtschromosomen lokalisiert denken, durch das Werk *Aidas* schon wieder eine neue Stütze für ihre Anschauung erhalten haben.

Wir kommen jetzt zur Besprechung der dänischen Arbeiten, auf die wir oben bereits anspielten. Etwas Ähnliches, wie *Aida* es für das y-Chromosom von *Aplocheilus* gefunden hat, war kurze Zeit vorher von *Johs. Schmidt* in Kopenhagen für eine andere Fischart, *Lebistes reticulatus*, ein Zierfischchen aus Westindien, eigentlich auch schon beschrieben worden. Da aber die Arbeit *Aidas* ausführlicher war, besonders dadurch, daß *Aida* einen Umtausch der Eigenschaften zwischen x- und y-Chromosom konstatierte, so ließen wir dieselbe vorangehen.

Schmidt sah einen charakteristischen schwarzen Fleck auf der Dorsalflosse der Männchen einer bestimmten Rasse nach Kreuzung mit einer ungefleckten Rasse immer ausschließlich von Vater auf Sohn übergehen. Dies stimmt zum Resultat der Kreuzung: weiße *Aplocheilus*-Weibchen \times heterozygotische rote Männchen, die wir oben besprochen haben. Auch *Schmidt* zog die Schlußfolgerung, daß es eine aktive Eigenschaft gibt, die den schwarzen Fleck herbeiführt, und daß diese Eigenschaft ihre stoffliche Basis im y-Chromosom hat. Merkwürdig ist es fürwahr, daß somit schon wieder zwei Forscher zu gleicher Zeit und unabhängig voneinander etwas entdeckten, das als vollständig neu gelten kann, in diesem Falle, also eine Vererbungsweise, die sich grundlich unterscheidet von allem, was uns bis jetzt auf diesem Gebiete bekannt war.

Die Untersuchungen von *Schmidt* an *Lebistes* sind in der letzten Zeit fortgesetzt worden von *Ö. Winge* in Kopenhagen, der noch manche Einzelheiten ans Licht gebracht hat.

In einem ersten Aufsatz teilt dieser Forscher mit, daß sowohl das männliche als auch das weibliche Geschlecht durch 46 Chromosomen gekennzeichnet ist, und daß morphologische Unterschiede zwischen Autosomen und Geschlechtschromosomen

nicht konstatiert werden konnten. Eine Ursache um so mehr also, um zu fragen, ob es nicht vernünftiger wäre, hier nicht von x- und y-Chromosomen zu reden. Sodann findet *Winge* noch drei weitere Merkmale, die sich wie das soeben gemeinte Merkmal für einen schwarzen Fleck auf der Dorsalflosse benehmen, und die er sich folglich im y-Chromosom lokalisiert denkt. Für ihr Verhalten bei der Kreuzung schlägt er den Ausdruck „one-sided masculine inheritance“ vor. Referent kann hiermit einig gehen, aber er möchte nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß, bevor man in die internationale Literatur die Bezeichnungen „sex-linked inheritance“ und „geschlechtsgebundene Vererbung“ einführt, die Ausdrücke „sex-limited inheritance“ oder „geschlechtsbegrenzte Vererbung“ im Schwange waren. Letztere hat man fallen lassen, weil in den damaligen Untersuchungen faktisch keine Rede davon war, daß gewisse Eigenschaften sich auf ein bestimmtes Geschlecht beschränkt zeigten, sondern lediglich nur von einer Vererbung, die irgendeine Beziehung zum Geschlechte aufwies. Warum würden wir sie jetzt nicht wieder einführen, nachdem wir eine wirklich auf eins der beiden Geschlechter beschränkte Erbllichkeit näher kennen gelernt haben? *Drosophila* und *Abraxas* sind Beispiele für geschlechtsgebundene Vererbung oder sex-linked inheritance, *Aplocheilus* und *Lebistes* für geschlechtsbegrenzte Vererbung oder sex-limited inheritance.

Erwähnt sei hier aber vollständigkeithalber noch, daß *Winge* bei *Lebistes* auch eine geschlechtsgebundene Vererbung vom *Drosophila*-Typus beobachtet hat, und zwar für ein „sulfureus“ genanntes Merkmal einer bestimmten Rasse. Hierfür ist also ein aktives Pangen in den x-Chromosomen anzunehmen, zweimal anwesend bei den Weibchen, nur einmal bei den Männchen. Den Vorsprung, den *Aida* vor *Schmidt* hatte durch seine Entdeckung eines Austausches zwischen den x- und y-Chromosomen bei der Reduktionsteilung der Männchen holt *Winge* ein, indem er jetzt auch für *Lebistes* einen ähnlichen Austausch der Eigenschaften beschreibt.

Literatur.

- Tatuo Aida*, On the inheritance of color in a freshwater fish, *Aplocheilus latipes* Temmick and Schlegel, with special reference to sex-linked inheritance, *Genetics*, VI, 1921.
K. Toyama, On some Mendelian characters, Report of Japanese Breeding Society, I, 1916.
M. Ishiwara, On the inheritance of bodycolour in *Oryzias latipes*, Mitteilungen aus der medizinischen Fakultät Kyushu, IV, 1917.
J. S. Huxley, Note on an alternating preponderance of males and females in fish, and its possible significance, *Journ. of Genetics*, X, 1920.
Johs. Schmidt, Experiments with *Lebistes reticulatus*, Comptes rendus des Trav. du Lab. de Carlsberg, XIV, 5, 1919.
— The genetic behaviour of a secondary sexual character, *ibidem*, XIV, 5, 1920.
Ö. Winge, A peculiar mode of inheritance and its cytological explanation, *ibidem*, XIV, 17, 1922,
— One-sided masculine and sex-linked inheritance in *Lebistes reticulatus*, *ibidem*, XIV, 18, 1922.

Das physikalische Institut der Universität Leiden in den Jahren 1904 bis 1922.

Am 11. November 1922 waren 40 Jahre verflossen, seitdem Professor *Kamerlingh Onnes* als Ordinarius der Universität Leiden die Leitung des dortigen physikalischen Institutes übernahm, das unter seiner Führung weit über die Landesgrenzen Berühmtheit erlangt hat. Dieses Jubiläum haben Schüler und Freunde des holländischen Gelehrten zum Anlaß genommen, um in einem prächtig ausgestatteten Bande von über 450 Seiten zusammenzustellen, was in den letzten 18 Jahren im Leidener Institut an experimenteller Arbeit geleistet ist, und darzulegen, welche theoretischen Gesichtspunkte den Untersuchungen als Richtschnur dienten oder aus ihnen folgten. Dieser Jubelband reiht sich an einen früheren an, der in ähnlicher Weise die Zeit von 1882 bis 1903 umspannt und zum 25jährigen Doktorjubiläum von *Kamerlingh Onnes* im Juli 1904 erschien.

Während *Kamerlingh Onnes* und seine Mitarbeiter in diesen ersten zwei Jahrzehnten hauptsächlich das Gesetz der korrespondierenden Zustände sowie die Zustandsgleichungen der Gase erforschten, wobei nur Temperaturen bis herab zu derjenigen des flüssigen Sauerstoffs in Betracht kamen, erweiterte sich im Verlauf der zweiten Periode, deren Höhepunkte die Verflüssigung des Heliums (10. Juli 1908) und die Auffindung der elektrischen Supraleitung bilden, der Aufgabenkreis sehr erheblich. Neben Untersuchungen über den Sättigungsdruck von Dämpfen, die spezifischen Volumina von Flüssigkeiten und Dämpfen im Sättigungszustand und die kritischen Größen der wichtigsten Gase erforderte die Einführung des Widerstandsthermometers in das kryogene Laboratorium ausgedehnte Messungsreihen über die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes verschiedener Metalle von der Temperatur. Um so tiefe Temperaturen wie diejenige des flüssigen Heliums messen zu können, mußten neue Methoden aufgesucht werden. Zahlreiche Probleme auf dem Gebiet der Magnetisierung, der spezifischen Wärmen usw. stellte die Quantentheorie, deren Hauptanwendungsgebiet gerade im Bereich tiefster Temperaturen liegt.

Wie rasch die Entwicklung vorwärts schritt, mag daraus erkannt werden, daß nur zwei Jahre vor der Heliumverflüssigung (nämlich 1906) die Einrichtung zur Kondensierung des Wasserstoffs im Leidener Laboratorium fertiggestellt war. *Devar* hatte dies Gas bereits im Jahre 1898 verflüssigt, allerdings nur in verhältnismäßig kleinen Mengen. *Kamerlingh Onnes* stellte sich sofort die Aufgabe, eine Anlage zu schaffen, die in der Stunde 3—4 Liter flüssigen Wasserstoff lieferte. Die nicht geringen Schwierigkeiten wurden glatt überwunden. Ein wichtiges Problem dieses Aufgabenkreises war z. B., den gasförmigen Wasserstoff von den letzten Spuren leicht kondensierbarer Gase zu befreien, welche die engen Röhren und die Ventile des Verflüssigungsapparates so leicht verstopfen und dadurch den Betrieb erheblich stören. Heute steht in Leiden die größte Anlage zur Wasserstoffverflüssigung, mit der in der Stunde 12 Liter in den flüssigen Aggregatzustand übergeführt werden können. Das Gas wird in mehreren Druckstufen auf 150 bis 200 Atm. gepreßt und durch flüssige Luft, die unter 1,5 bis 2 mm Druck siedet, vorgekühlt, bevor es im Joule-Thomson-Prozeß auf 1 Atm. expandiert.

Kamerlingh Onnes besitzt in seltenem Maße das Talent, schwierige technische Probleme bis in die letzten Einzelheiten durchzudenken, so daß bei Verwirklichung seiner Pläne der Erfolg nicht ausbleibt. Das schönste Beispiel hierfür ist die Heliumverflüssigung,

die so ungewöhnliche Anforderungen in verschiedenster Richtung stellt, daß sie bisher (nach 15 Jahren) an keiner anderen Stelle der Erde wiederholt wurde, obwohl *Kamerlingh Onnes* seine Einrichtung genau beschrieben hat und alle Physiker das größte Interesse an Messungen in der Nähe des absoluten Nullpunktes besitzen. Für den ersten Versuch standen nur 300 Liter gasförmigen Heliums zur Verfügung, das mühsam aus Monazitsand gewonnen und von leicht kondensierbaren Verunreinigungen befreit war. 160 Liter ließen zunächst in Reserve; die übrigen 200 Liter mußten in einem geschlossenen Kreislauf 20mal zirkulieren, bis die Verflüssigung eintrat. Da hierbei gewisse Verluste an Helium nicht vermieden werden konnten, so war es für die Fortsetzung der Versuche in größerem Ausmaß von entscheidender Bedeutung, daß von amerikanischer Seite nicht weniger als 32 m³ jenes seltenen Gases zur Verfügung gestellt wurden. Bei der Einrichtung, wie sie zurzeit in Gebrauch ist, zirkulieren in dem Kreislauf 12 m³ Helium in der Stunde. Das Gas wird auf 30 Atm. gedrückt, durch Wasserstoff, der unter stark reduziertem Druck siedet, gekühlt und auf 1 Atm. im Joule-Thomson-Prozeß expandiert. Es können in der Stunde 1.7 Liter flüssiges Helium gewonnen werden.

Die Supraleitung, welche darin besteht, daß bei Heliumtemperaturen (nämlich zwischen 2 und 7° absoluter Temperatur) der bis dahin regelmäßig abnehmende Widerstand mehrerer Metalle (Quecksilber, Blei, Thallium, Zinn) plötzlich auf einen unmeßbar kleinen Betrag sinkt, muß als die größte Überraschung bezeichnet werden, welche die Physik tiefer Temperaturen aufzuweisen hat. Sie wurde im Frühjahr 1911 entdeckt und hat trotz größter Bemühungen noch nicht ohne Zwang in das System der physikalisch-theoretischen Anschauungen eingeordnet werden können. Von den zahlreichen Versuchen, diese merkwürdige Erscheinung sicherzustellen, mag hier nur an eine Anordnung erinnert werden, die alle Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtung ausschließt. *Kamerlingh Onnes* brachte einen zur Spule aufgewundenen Bleidraht in ein Magnetfeld von 400 Gauss, das er nach Abkühlung der Spule auf die Temperatur des flüssigen Heliums rasch zu Null abfallen ließ. Der induzierte Strom floß in der gekühlten Spule in nahezu unverminderter Stärke weiter. Aus der Einstellung eines benachbarten Magnetspiegels konnte geschlossen werden, daß die Relaxationszeit des Induktionstromes mehr als vier Tage betrug und daß der Widerstand des Drahtes unterhalb seines Sprungpunktes nur etwa das 0.2 · 10⁻¹⁰-fache seines Widerstandes bei 0° C betrug. Wurde der Bleidraht durch eine mechanische Vorrichtung zerrissen und der Strom nun gezwungen, durch eine teilweise auf Zimmertemperatur befindliche Zweigleitung zu laufen, so fiel er in kürzester Zeit auf Null.

An die Auffindung der Supraleitung knüpften sich bald große Hoffnungen auf Herstellung kräftiger Magnetfelder ohne Eisen, die indessen völlig zerstört wurden, als Anfang des Jahres 1914 neue Versuche ergaben, daß die Supraleitung durch stärkere Magnetfelder aufgehoben wird. Hierbei wurde deutlich, daß die Bestätigung der Supraleitung durch den Versuch mit dem induzierten Strom insofern einem besonderen Glücksfall zu danken war, als die vom Strom durchflossene Versuchsspule bei geringer Erhöhung der Windungszahl bereits ein magnetisches Feld jenseits der kritischen Grenze erzeugt hätte.

Die Leser der „Communications“ des Leidener Labo-

ratoriums werden freudig begrüßen, daß in dem vorliegenden Jubelbande die wichtigsten Versuchsanordnungen und Messungsergebnisse in übersichtlicher Form zusammengestellt sind. Es ist ja bekannt, daß die „Communications“ diesen Vorzug meist nicht besitzen und daß infolge der vielen Hinweise von einer Veröffentlichung auf die andere man ihnen oft nur mit großem Aufwand an Zeit eine bestimmte Angabe entnehmen kann. Aus der Art dieser Veröffentlichungen, die meist von *Kamerlingh Onnes* selbst verfaßt sind, erkennt man, daß der Autor gewohnt ist, sich in einer schwer übersichtlichen Mannigfaltigkeit zurechtzufinden. Diese tritt besonders in den auf zahlreichen Tafeln dargestellten Apparaturen zutage. Nun ist allerdings zuzugeben, daß die Versuchsanordnungen im Gebiet der tiefsten Temperaturen nicht einfach sein können, so daß vielleicht ein stärker auf das Einfache gerichteter Geist die auftretenden Schwierigkeiten gar nicht zu meistern in der Lage wäre. Dieses eigenartige mit großer Energie gepaarte Geschick macht vielleicht die Hauptbedeutung von *Kamerlingh Onnes* aus und erhebt ihn zu einem der ersten Experimentalphysiker unserer Zeit. Die bedeutenden Erfolge seines von wissenschaftlichem Geist durchdrungenen technischen

Könnens haben hervorragende Fachgenossen aus den großen Kulturländern nach Leiden gezogen, wo sie, auf das gastlichste empfangen, sich der eigenartigen Versuchseinrichtungen bedienen konnten. Verschiedene Artikel dieses Bandes enthalten in holländischer, deutscher und französischer Sprache den Dank der ausländischen Gäste.

Der Band beginnt mit einer Begrüßung des Jubilars durch *H. A. Lorentz*. Im übrigen gliedert er sich in 5 Hauptabschnitte, die hier aufgezählt werden mögen:

1. Das physikalische Laboratorium der Reichsuniversität Leiden von 1904 bis 1922 (Artikel von *Kuenen* und *Crommelin* über Allgemeines, Methoden und Hilfsmittel, Personal).
2. Thermodynamische Untersuchungen (*Keesom, Mathias, Crommelin, Verschaffelt*).
3. Magnetische Untersuchungen (*Weiß, Woltjer*).
4. Optische, magneto-optische und radioaktive Untersuchungen (*Zeeman, J. Becquerel, Ehrenfest, Curie*).
5. Elektrische Untersuchungen (*Crommelin, Einstein, B. und A. Beckman*).

Henning.

Besprechungen.

Heim, Alb., Geologie der Schweiz. Bd. II, 2. Hälfte. Leipzig, H. Tauchnitz, 1922. 80. 542 S. und 88 Textbilder, zahlr. Tab. u. Tafeln. Preis Gz. 20.

Damit liegt das große Werk vollendet vor: Band I 1918 mit 704 S., 126 Abb. u. 31 ein- und mehrfarbigen Tafeln, Bd. II mit Vorwort, eingehendem Inhaltsverzeichnis, Nachträgen und Register, 1018 S., 249 Textb. und entsprechenden Tafeln. Darüber können hier nur einige orientierende Andeutungen gegeben werden. Durch zwei Wurzelzonen sind zwei große Deckengebiete geschieden. Die Linie Vorderrhein- und Rhonetal bis Chamonix trennt die helvetischen Decken im Norden von denjenigen der Süd- und schweizerischen Ostalpen. Letztere sind gegen die westlichen Schweizeralpen durch eine Querflexur Chur—Lenzerheide—Oberhalbstein und Septimerpaß abgegrenzt. Westlich dieser Linie breiten sich im Wallis, dem Tessin und westlichen Graubünden die penninischen Decken aus. Die ostalpine Deckenzone umfaßt das übrige Bünden, mit der Silvrettedecke bis zum Aarberg und östlich über die Ötztaler Alpen reichend. Die romanischen „Préalpes“ und die „Klippenzone“ gegen den Nordrand der Schweizeralpen erscheinen als unterostalpine und Deckenreste. Die Zone Ivrea—Locarno—Bellinzona—Brusio (Poschiavo) ist als Wurzelzone dieser Deckensysteme erkannt worden, an die als ältester Südrand der Alpen das autochthone kristalline Seegebirge vom Monte Ceneri nach Süden mit Sedimenthüllen als „Dinariden“ angelagert ist als Gegenstück des kristallinen „Nordrandes der Alpen“ in den nördlichen Zentralmassiven.

Die Beschreibung der einzelnen Deckenzonen befolgt stets Stratigraphie, Bau und Oberflächengestaltung. Sie wäre unmöglich ohne zahlreiche bildliche Darstellungen, welche die bewährte Hand des Meisters selbst zum größeren Teil und in unübertroffener Ausführung geliefert hat. Lehrreich sind die tektonischen Übersichtskarten über die Alpen 1 : 800 000 und der „Préalpes romandes“ 1 : 600 000, letztere von *A. Jeannet*. Vor allem imponieren mehrfarbige und strukturell verblüffend wirkende Querprofile von 46—71 cm Länge wie

drei Übersichtsprofile durch die Schweizeralpen auf den Stand von 1919 in 1 : 400 000, dann 12 großartige 1 : 75 000 durchbestimmte Gebiete. Ein Schüler des Autors, *R. Staub*, beschenkte das Werk mit zwei grandiosen Querschnitten 1 : 150 000 von 138 cm Länge durch die westlichen Ostalpen, vom Grönten bis Val Trompia und von Trogen (Appenzell) zum Lago d'Iseo, welche eine Überschiebung der Alpen auf deren mittel-tertiäres Vorland von 15—9 km zeigen. Zahlreich sind mühevoll aufgebaute vergleichende stratigraphische Tabellen und Übersichten über die Gliederung und Zusammengehörigkeit der einzelnen Decken und Teildecken. Haben einige Schüler des Verfassers, wie dessen Sohn Arnold, ferner *A. Jeannet, R. Staub* und viele andere im Vorwort und Text erwähnte Geologen namhafte Beiträge geleistet, so ist die ganze „Geologie der Schweiz“ doch Hauptwerk des Autors, der in vorbildlicher Weise nicht nur den heutigen Stand der Erforschung des Schweizerlandes darstellt, sondern ein ausgezeichnetes Handbuch der tektonischen Geologie überhaupt bietet auf Grund eingehend studierter, klassischer junger Gebirgstypen, von Jura, Alpen und dem Vorland der letzteren. Überall treten die Methoden der Forschung, die Beweisführung für die einheitliche, imposante Deckenstruktur entgegen. Stets wird die glaziale Umformung des Geländes kritisch untersucht, die Bildung der Seebecken, Gipfelfluren, das isostatische Moment, die Bestimmung der Bewegungsrichtung in dem Gesamtschub und werden dadurch wichtigste Bausteine zum erweiterten „Mechanismus“ der Erdrinde, zur Frage der Kontinentalverschiebungen u. a. geliefert. Die gewaltige Arbeit bedarf keiner Empfehlung. Wir danken dem erfahrenen und führenden Forscher warm dafür und ebenso der Firma, welche das Unternehmen ermöglicht hat.

J. Früh, Zürich.

Schroeter, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Zweite neu durchgearbeitete und vermehrte Auflage. 1. Lieferung. Zürich, Albert Raustein, 1923. VII, 366 S., 125 Abbildungen und 5 Tafeln. Preis Gz. 10.

Eine Schilderung der Hochgebirgsflora gibt „Das Pflanzenleben der Alpen“ von *C. Schroeter*, das jetzt in

zweiter Auflage erscheint. Die erste Lieferung liegt vor und orientiert zunächst über die Stellung der alpinen Flora (Oreophyten nach Diels) im gesamten Pflanzenteppich der Alpenkette. — Jede Pflanze stellt Ansprüche an Klima, Boden und Umwelt. Wo diese Ansprüche nicht erfüllt werden, findet sie die Grenze ihrer Verbreitung. In der Ebene unterscheidet man diese Grenzen nach der Himmelsrichtung; im Gebirge spricht man von Höhengrenzen, und zwar von einer unteren und einer oberen Höhengrenze; den zwischen diesen beiden eingeschlossenen Gürtel bezeichnet man als „Höhenstufe“ einer Pflanze. Wie die einzelnen Arten, so ist auch jede Pflanzengesellschaft an bestimmte Höhenstufen gebunden. In gewisser Höhe wird der Laubwald durch Nadelwald ersetzt, bis auch dieser sein Ende erreicht und einem absolut baumlosen Gürtel weicht, der sich bis zu den Grenzen des ewigen Schnees erstreckt. — Der Verlauf einer Höhenstufe entspricht durchaus nicht einer Horizontalkurve; er wird abgelenkt durch Klimacharakter, Massenerhebung, Himmelslage, Gletschernähe, Windverhältnisse, Niederschläge. Um mehrere Hunderte von Metern kann in verschiedenen Gegenden die absolute Lage derselben Stufengrenze auseinanderliegen, wie *Schroeter* das in übersichtlichen Tabellen zeigt. —

Ein besonderes Kapitel ist einem der interessantesten Probleme der „alpinen“ Höhenstufe, der *Baumgrenze*, gewidmet. Durch zwei Faktoren wird sie bedingt: durch die Natur selbst und durch wirtschaftliche Verhältnisse, denen zufolge der Mensch zu Eingriffen in den Waldbestand veranlaßt wird. Bei der Festlegung der natürlichen Grenzen spielt 1. das Klima eine Rolle, vor allem Temperatur- und Bestrahlungsverhältnisse, Dauer der Schneedecke, Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Windwirkung. Nicht klimatisch bedingt sind 2. die rein orographischen Grenzen, d. h. Stellen, an denen steile Felswände, Geröllhalden, Lawenzüge und Gletscher dem Walde Halt gebieten. 3. Die biotischen Grenzen endlich sind bestimmt durch das Fehlen von Organismen, die den Bäumen nötig sind (Pilze, Bodenbakterien), oder durch das Überhandnehmen von Feinden (Raupen), die die Existenz der Bäume gefährden; oft fehlen auch die Verbreitungsvermittler, die die Samen an die zum Keimen geeigneten Stellen tragen; oft mangelt das Unterholz, das den Keimpflanzen Schutz gewährt. Aus wirtschaftlichen Gründen hat der Mensch versucht, die Baumgrenze zu erhöhen; es ist nicht bekannt, daß es ihm dauernd gelungen sei; und so wird eine der Hauptaufgaben des Gebirgsförsters vielmehr die Wiederherstellung der durch Abholzung hinabgedrückten Baumgrenze sein.

Ehe *Schroeter* zu den Hauptrepräsentanten der Hochgebirgsflora der Alpenkette übergeht, gibt er unter Berücksichtigung der neuesten Literatur eine ausführliche Übersicht über das Klima der Alpen, über Boden, Standorte und Pflanzengesellschaften der alpinen Höhenstufe. — Besonders reich ist das Kapitel über das Klima mit Tabellen und Kurven ausgestattet, die Aufschluß geben über Sonnenstrahlung im Hochgebirge und Tiefland, über Ortshelligkeit, chemische Lichtintensität, Sonnenscheindauer und Zahl der Nebeltage, Lufttemperatur und Bodenwärme, da für die Vegetation all diese Zahlen von größter Bedeutung sind. Sie zeigen, daß man das „Pflanzenklima“ nicht nach dem Hauptdatum der Meteorologie, nach der Lufttemperatur im Schatten, beurteilen darf; denn die Blätter arbeiten unter dem Einflusse der Sonnenwärme und des Lichtes, die Wurzeln schöpfen Nahrung in dem

durchwärmten Boden. — Die Wirkung starker Bestrahlung zeigt sich in der großen Differenz des Lokalklimas in verschiedener Himmelslage, verschiedener „Exposition“. Wenn die Südhänge schon im ersten Frühling grünen, die ersten zarten Blüten sich entfalten, starren die Nordhänge noch in Eis und Schnee. Im Spätsommer leuchtet das goldige Gelb reifender Ähren auf sonnigen Abhängen, während düsterer Arvenwald (*Pinus Cembra*) die Nordhalden beschattet und Zwergstrauchtundra die Lichtungen des Waldes bedeckt. — Der jährliche Gang der Temperatur bestimmt die Vegetationsdauer, d. h. die Zeit vom Erwachen der Vegetation bis zum Eintritt der Vegetationsruhe. Die Verhältnisse hängen in erster Linie von der Dauer der Schneedecke ab. Eine völlig schneefreie Zeit (Aperzeit) gibt es nur bis zu einer Höhe von etwa 1500 m; höher oben kann in jedem Monat Schnee fallen; doch ist es erstaunlich, wie unempfindlich die alpine Vegetation gegen Frost und raschen Temperaturwechsel ist, fand man doch Pflanzen an schneefreien Windecken auf höchsten Höhen, die mehr als -30°C ertragen und tagsüber bei hellem Himmel zweifellos bis 20° , vielleicht bis 30°C über 0° erwärmt wurden. — Empfindlicher ist die Alpenflora gegen die austrocknende, „physiologische“ Wirkung des Windes: sie kann den durch Verdunstung entstandenen Wasserverlust aus dem kalten Boden nicht ersetzen und es zeigen sich die vertrockneten, für Windschaden charakteristischen Ränder an den Laubblättern. Auch mechanisch greift der Wind an: Windanrisse, Windfurchen entstehen im Rasen, Windschliffe zeigen sich selbst an harten Polsterpflanzen, wie etwa an *Carex firma* (Segge, Rietgras), an *Saxifraga* (Steinbrech) und *Androsace* (Mannsschild). — Mit einem Hinweis auf die Niederschlagsverhältnisse und die verschiedenen Wirkungen der Schneedecke schließt *Schroeter* das Kapitel über das Alpenklima, um dann im folgenden Abschnitt über Boden, Standorte und Pflanzengesellschaften zu sprechen. Es sind diesen Problemen nur etwa 18 Seiten des Buches gewidmet, da der Verf. jene Streitfragen hier nicht erörtern will: „Die ganze Anlage des vorliegenden Buches ist mehr autökologisch“, befaßt sich mehr mit der Lebensgeschichte der Einzelart als mit den Pflanzengesellschaften.“

Von den Hauptrepräsentanten der Hochgebirgsflora der Alpenkette werden in Lieferung I die Holzpflanzen besprochen: Koniferen, Alpenrle (*Alnus viridis* D.C.), Ericaceen und Empetrum (Rauschbeere) [hierher gehören die Alpenrosen], Silberwurz (*Dryas octopetala* L.), das Steinrösel (*Daphne striata*) und seine Verwandten, dann der „Wegedorn“ (*Rhamnus pumila*), die Kugelblume (*Globularia cordifolia*) und die Weiden des Hochgebirges. — Jedes dieser kleinen Kapitel ist auch für den Naturfreund, der nicht Botaniker ist, besonders reizvoll! Es werden die Merkmale der einzelnen Arten beschrieben, ihre Verbreitung, ihre Standorte und Bodenansprüche, ihre Beteiligung an den Pflanzengesellschaften, die Anpassungserscheinungen und die Bedeutung für die Ökonomie des Gebirges und seiner Bewohner. — Sehr willkommen sind die vielen dem Text eingefügten Abbildungen und Vegetationsbilder.

G. Weißhuhn, Berlin.

Thurnwald, Richard, Psychologie des primitiven Menschen. Handbuch der vergleichenden Psychologie (Bd. I, S. 145—320). Herausgegeben von G. Kafka. München, Ernst Reinhardt, 1922. 16 × 24 cm.

Das Buch ist kein Abriß der „Völkerpsychologie“ und will es auch nicht sein. Man muß sagen: glücklicherweise. Der Fachpsychologe steht heute vor einer

unüberschaubaren Literatur, und wenn er sich schon, wie *Wundt*, entschließt, sie durchzuarbeiten, so fehlt ihm doch meist die ethnologische Kritik und die lebendige Anschauung. Nur ganz Wenige, wie die Engländer *Myers*, *Rivers*, *McDougal*, *Hocart*, waren psychologisch und ethnologisch gleichmäßig vorgebildet, als sie selbst auf Forschungsreisen zu primitiven Menschen gingen. *Thurnwald* hat, während mehrjähriger Reisen in Melanesien und Neuguinea, seine ethnologischen und namentlich soziologischen Studien immer unter psychologischer Einstellung betrieben. Nun gibt er, unter Berücksichtigung auch der neuesten Literatur — das beigegebene Verzeichnis umfaßt 543 Nummern — und der prähistorischen Parallelen, gestützt auf eigene Erfahrungen und Beobachtungen einen kurzen Abriss der Ethnologie für Psychologen. Aber auch Andere und selbst Fachethnologen werden ihm für diese anregende und schon als Materialsammlung sehr nützliche Arbeit dankbar sein; ebenso für die geschickte Auswahl der Abbildungen (76 Figuren im Text und 16 Tafeln), die, namentlich in dem ausführlichen Abschnitt über die Schrift, das in den bekannten Gesamtdarstellungen (wie *Schurtz* oder *Buschan*) enthaltene Material in willkommener Weise ergänzen.

Die Naturwissenschaftler geht vor allem der „Physiologische Vorträge“ betitelte Abschnitt an. Die vergleichende Physiologie steckt noch ganz in den Anfängen, obwohl gerade von ihr für die Rassenkunde mehr zu erhoffen ist, als von der Anatomie und Morphologie. Das Urteil *Thurnwalds* scheint mir ganz berechtigt: „Die Anthropologie steht heute auf dem Entwicklungspunkt wie die Botanik zur Zeit *Linnés*.“ Alle sorgfältigen Feststellungen, sei das Ergebnis auch negativ, sind hier von nicht zu unterschätzender Bedeutung. *Thurnwald* erwähnt u. a.: rasches Heilen von Verletzungen, verhältnismäßig große Immunität gegen Unreinlichkeit und Infektionen bei Verwundungen, oft geringe Empfänglichkeit für Malaria; bei Negern hat man bessere Sehschärfe, höheres Akkommodationsvermögen und besseres Dämmerungsehen als bei Weißen gefunden. *Thurnwald* selbst fand (an Ozeaniern) ein außerordentlich feines Unterscheidungsvermögen für gewisse Farbabstufungen. Die reinen Sinnesleistungen der Primitiven sind denen des Europäers i. A. nicht unterlegen; im Wahrnehmen und Erkennen lebenswichtiger Gegebenheiten, wobei es auf die Sinnesschärfe nicht ankommt, sind uns die Naturvölker vielfach voraus. Rechtshändigkeit läßt sich schon an vorgeschichtlichen Geräten nachweisen, ist also wohl „ein allgemeines Merkmal des Menschengeschlechts“; dann kann man sie aber eben nicht als „Wirkungsergebnis kultureller Momente“ und als „Ergebnis von Übung und Gewöhnung“ ansehen, welche letztere Faktoren *Thurnwald* überhaupt stark zu überschätzen neigt. (Man vergleiche hierzu *Koffkas* „Grundlagen der psychischen Entwicklung“ 1921.) Von besonderer Wichtigkeit für die physiologische Anthropologie ist der Bewegungshabitus. *Thurnwald* teilt sehr schöne Beobachtungen über den gesamtkörperlichen Ausdruck mit, der bei Primitiven frei von den Hemmungen, die innerhalb der Hochkulturen die Sitte auferlegt, und daher außerordentlich heftig ist: man wirft sich vor Erstaunen auf den Rücken, springt und tanzt vor Freude über Geschenke. Das erste Erscheinen des Weißen (im Innern von Neuguinea) erregte zunächst unbändige Furcht. „Unter Schreien und Kreischen ergreift man in höchster Aufregung unter Hin- und Her-eilen die Flucht und sucht Frauen und Kinder in Sicherheit zu bringen. Gelingt es, die Erregten zu besänftigen und wieder heranzulocken, so wechseln oft

jäh beklemmende Angst und tobende Freude. Jede unerwartete Sache oder Bewegung, jedes zufällige Ereignis kann zu den heftigsten Abwehrhandlungen führen und das nur für den Augenblick verdeckte Mißtrauen wachrufen.“

Wer an die psychologische Untersuchung primitiver Menschen herangeht, muß vor allem zwei Vorurteile überwinden, die die Erkenntnis bisher meist arg behindert haben: der Primitive ist nicht notwendig dumm, schlecht und tierisch — wenn man nur europäische Kenntnisse, Fähigkeiten und Verhaltensweisen bei ihm sucht und prüft, wird man nicht viel mehr festgestellt haben, als daß er eben kein Europäer ist. Und zweitens: der Europäer kommt ungerufen mit einer barbarischen, unbegreiflichen — weil lebensfernen — und entheiligenden Wißbegierde und darf daher ein natürliches, ungezwungenes Verhalten erst erwarten, wenn die Gastgeber ihn nicht mehr als Eindringling, sondern als einen der Ihren ansehen. Wenn das *Thurnwalds* Buch weiter nichts leistete, als diese Sachverhalte den Völkerpsychologen recht eindringlich zu machen, so wäre auch das schon verdienstlich genug.

E. M. v. Hornbostel, Berlin-Steglitz.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Begründet von R. Kukula und K. Trübner, herausgegeben von Gerhard Lüdke und Erich Neuner. 26. Jahrgang. Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter & Co., 1923. XLVIII, 1641 S. Grundzahl 30.

Die *Minerva* für das Jahr 1923 ist erschienen (im 26. Jahrgange) und hat ihrem Äußeren nach die Nachwirkung des Krieges vollkommen überwunden. Die beiden letzten Bände hatte ihr mehr als gewissenhafter Herausgeber nur als Notbau bezeichnet, aber mit dem neuen Jahrgang ist der Notbau dem früheren geräumigen Hause gewichen, das wieder auf starker Grundmauer ruht. Dem unermüdlichen Dr. Lüdke ist es geglückt, das Buch wieder auf den alten Stand zu bringen, jetzt unter der Mitarbeit von Dr. Erich Neuner, in dessen Hand er einen großen Teil der neuen mühevollen Arbeit gelegt hatte.

Der Internationalismus, der früher eine Selbstverständlichkeit war, wenn es sich um wissenschaftliche Angelegenheiten handelte, gleichviel ob es um Mitarbeit ging oder um Fragen der Personalien und der Verwaltung, ist in der Welt so selten geworden, daß er hervorgehoben zu werden verdient, wo er noch lebt oder wieder lebt. In Deutschland war er stets vorhanden, und hier gilt es nur als selbstverständlich, daß ein Buch wie die *Minerva*, nachdem es die durch den Krieg verursachten Hindernisse überwunden hat, wieder allen Ländern die gleiche Aufmerksamkeit zuwendet. In Frankreich hat der Krieg einen Index Generalis entstehen lassen, ein *Annuaire général des Universités, Grandes Ecoles, Académies, Archives, Bibliothèques, Instituts scientifiques, Jardins botaniques et zoologiques, Musées, Observatoires, Sociétés savantes*. (Der Herausgeber ist Dr. R. de Montessus de Ballora.) Ursprünglich bestand der Plan, die Mittelmächte aus diesem Jahrbuch auszuschließen. Davon hat man schließlich abgesehen, vermutlich um der *Minerva* die internationale Verbreitung auch in Zukunft nicht gar zu leicht zu machen. Aber die Franzosen haben mit ihrem Konkurrenzunternehmen doch recht wirksam für die *Minerva* Propaganda gemacht, wie man aus einer Besprechung des Index Generalis in der *Nature* vom 31. März dieses Jahres entnehmen kann. Nach der üblichen Verbeugung vor dem Herausgeber, der sich „die Dankbarkeit der Gelehrten aller Länder“ erworben hat, und „der zu beglückwünschen ist wegen seiner einsichtsvollen Wahl der Drucktype und der Methode, mit

der er in dem Buche nicht nur auf die betreffende Seite, sondern auch auf den betreffenden Abschnitt der Seite hinweist, in dem der Name gesucht und gefunden wird“ — allerdings ein Vorzug eines solchen Buches, nur nicht gerade der entscheidende — bezeichnet der Referent den Index Generalis als das einzige umfassende Auskunftsbuch der gelehrten Welt „pending the issue of *Minerva* in its old form“. Aber dann geht er an die Prüfung der Angaben, um deretwillen das Buch überhaupt vorhanden ist und die ja wichtiger sind als der Druck und die Bequemlichkeit, und selbstverständlich hat er gewisse Angaben gesucht, die er als Engländer darin zu finden erwartet hat, so z. B. Angaben über die Osmanische Universität Hyderabad, die Universität Rangoon, die Universität Patna, das Universitätskolleg Swansen usw., aber nichts von alledem findet er, nicht einmal den Namen. Dem Herausgeber der *Minerva* liegen diese Universitäten nicht näher als dem Herausgeber des Index Generalis, und wenn die Auskunft über sie als Prüfstein für das eine Buch gelten kann, dann sicher auch für das andere. Sie

ist in der *Minerva* nicht nur zu finden, sondern so reichlich, daß man an der Vollständigkeit und Zuverlässigkeit der Angaben kaum zu zweifeln braucht. Und wo man den neuen Jahrgang auch sonst aufschlägt, er ist genau so zuverlässig und so erschöpfend wie nur je ein Jahrgang aus Deutschlands besten Tagen. Ein Name allerdings fehlt in der *Minerva*, den der Index Generalis aufführt und dessen der Referent der *Nature* ganz besonders Erwähnung tut. *Petro Drilling* fehlt in der *Minerva*. Der Herausgeber des Index Generalis hat ihn als Gelehrten entdeckt, indem er die Bezeichnung des Lehrfaches (Erbohrung von Petroleumquellen) für den Namen eines Dozenten gehalten hat. Zu derlei Erheiterungen gibt die *Minerva* freilich keinerlei Anlaß. Mit Fug und Recht könnte sie die Verse auf sich beziehen, die *Goethe* einer andern *Minerva* gewidmet hat, der von *Archenholtz* herausgegebenen *Zeitschrift für Politik und Literatur*: Trocken bist du und ernst, doch immer die würdige Göttin, Und so leihest du auch gerne den Namen dem Heft. Arn. Berliner, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Bemerkung über die Spektren der Alkalien.

In den Spektren der Alkalien hat man es mit einer Reihe von Linienpaaren zu tun, die für jedes Element die gleiche Schwingungsdifferenz besitzen, aber von Element zu Element sich mit wachsendem Atomgewicht erweitern ungefähr proportional dem Quadrat des Atomgewichts. Bei Rubidium und Cäsium sind sie weit genug, um noch eine feinere Struktur zu zeigen. Bei der sogenannten diffusen Serie nämlich sieht man, daß die eine der beiden Komponenten der Linienpaare selbst wieder doppelt ist und aus einer stärkeren Linie und einem Begleiter besteht. Der Abstand des Begleiters von der anderen Komponente gibt dabei dieselbe Schwingungsdifferenz wie die Paare der scharfen Serie und wie das erste Paar der Hauptserie.

Man kann vermuten, daß die Dinge bei Lithium, Natrium und Kalium ebenso liegen, daß auch hier bei der diffusen Serie die eine der beiden Komponenten der Linienpaare selbst wieder aus zwei nahe zusammenfallenden Linien besteht, die aber zu eng liegen, um spektroskopisch getrennt zu werden. Diese Vermutung läßt sich durch ein indirektes Verfahren bestätigen. Wenn man nämlich das Mittel der Schwingungsdifferenzen der am besten gemessenen Linienpaare der diffusen Serie mit dem Mittel der am besten gemessenen anderen Paare vergleicht, so zeigt sich eine zwar kleine, aber gesicherte Abweichung der beiden Mittel voneinander.

Das Verfahren läßt sich dem der Astronomen vergleichen, wenn sie aus der Störung der Bahn eines Himmelskörpers die Existenz eines anderen unsichtbaren Körpers erschließen.

Bei Lithium sind dem kleinen Atomgewicht entsprechend die Linienpaare so eng, daß die Differenzen der Schwingungszahlen nicht genau genug gemessen sind, um eine Abweichung der beiden Mittel voneinander festzustellen. Bei Kalium und Natrium aber ist die Differenz der Mittel ungefähr dreimal so groß wie ihr mittlerer Fehler. Nach der Gaußischen Fehlerkurve ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein mittlerer Fehler zweifach überschritten wird, kleiner als 0,05, daß er dreimal überschritten wird, kleiner als 0,003. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, daß die Abweichung der Mittel auf der Ungenauigkeit der Beobachtungen beruht.

Die berechneten Werte sind die folgenden:

	Differenz der auf einen Zentimeter Lichtweg fallenden Lichtwellen	Mittlerer Fehler
Kalium	I. Linienpaar der Hauptserie.....	57,71
	Gut gemessene Linienpaare derscharfen Serie {	57,74
		57,63
	Mittel.....	57,693
	Linienpaare der diffusen Serie bei 5350, 5100, 4960..... {	57,80
		57,77
Natrium		57,85
	Mittel.....	57,807
	Differenz der Mittel....	0,114
	I. Linienpaar der Hauptserie.....	17,18
	Gut gemessene Linienpaare derscharfen Serie {	17,17
		17,17
		17,18
		17,18
	Mittel.....	17,176
	Linienpaare der diffusen Serie bei 5630, 4930, 4665, 4495..... {	17,17
		17,14
		17,16
		17,14
	Mittel.....	17,153
	Differenz der Mittel....	0,023

Merkwürdig ist, daß bei Kalium das Mittel für die diffuse Serie das größere ist, bei Natrium dagegen das kleinere. Es folgt daraus, daß bei Kalium der schwächere Begleiter zwischen den anderen beiden Komponenten liegt. Dies Verhalten wird durch eine Bemerkung von *Datta* bestätigt, der aus zwei von ihm beobachteten Kombinationslinien denselben Schluß zieht.

Genauere quantitative Schlüsse auf den Abstand des Begleiters lassen sich nicht machen, weil sich der Abstand von Linienpaar zu Linienpaar ändert. Bei Gliedern der Serie, die weiter nach der roten Seite liegen

als die der Rechnung zugrunde liegenden, muß der Abstand nach der Analogie anderer Spektren erheblich größer sein. Diese roten Linien sind aber nicht genau genug gemessen. Für die genau gemessenen wird dagegen der Abstand nicht erheblich schwanken.

Göttingen, den 27. April 1923.

O. Runge

Über die Schwingungsdifferenz der Linien der Dublets.

Die Struktur des Liniendublets der Hauptserien $m s - n p_1$ oder der II. Nebenserien $n p_1 - m s$ verstehen wir unter der Annahme, daß der s -Term ein einfacher Term ist, und daß es zwei verschiedene p -Terme gibt, nämlich $n p_1$ und $n p_2$, von denen in allen bisher bekannten Fällen $n p_2$ den größeren Wert hat. Der Abstand der Linien dieser Dublets gibt daher genau die Differenz $n p_2 - n p_1$. In der I. Nebenserie sind die Terme $n p$ kombiniert mit dem ebenfalls differenzierten Term $m d_1$, von dem es die zwei Werte $m d_1$ und $m d_2$ gibt. Es kommen gewöhnlich nicht alle vier Kombinationen zwischen den beiden p - und den beiden d -Termen vor, sondern nur die drei des Schemas:

$$n p_1 - m d_2 \text{ (schwach)}, \quad n p_2 - m d_2 \text{ (stark)}, \\ n p_1 - m d_1 \text{ (sehr stark)}.$$

Dies versteht A. Sommerfeld durch seine Annahmen über die Werte „innerer“ Quantenzahlen und deren Auswahlregel. Wenn $n p_2 > m d_1$ ist, liegt ein Gebilde einer I. Nebenserie vor. Gewöhnlich ist 1) $m d_1 < m d_2$. Dann hat das Gebilde das Aussehen der Fig. 1.

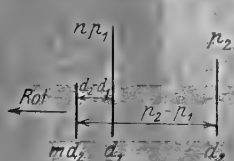


Fig. 1.

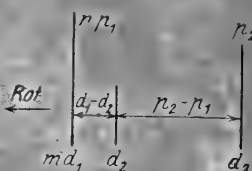


Fig. 2.

Es kommt aber auch der Fall 2) vor, daß $m d_1 > m d_2$ ist, nämlich wie es scheint, dann, wenn die Differenz $\Delta m d_1$ sehr klein ist. Alsdann liegt ein Gebilde der Fig. 2 vor.

Wenn die Differenz $\Delta m d_1$ noch vorhanden, aber so klein ist, daß der Spektralapparat die 2 Linien $n p_1 - m d$ nicht trennt, so mißt man als Schwingungsdifferenz des Dublets eine Wellenzahl, welche im Fall 1) kleiner ist, als die Schwingungsdifferenz des Dublets $n p_1 - m s$ der II. N.-S., welche aber im Fall 2) größer ist, vorausgesetzt, daß keine weiteren Störungen an den Linien in Betracht kommen.

Hr. C. Runge diskutiert oben Messungen von S. Datta¹⁾ über die Wellenlängen der Linien der Dublets in den Spektren Na I und K I, welche in einem Vakuumbogen erzeugt wurden. Er findet, daß bei Kalium die Paare der I. N.-S. um $0,114 \text{ cm}^{-1}$ weiter aufgespalten sind, als die der II. N.-S. und schließt, daß der Fall 2) vorliege, und ein Begleiter zwischen den Hauptlinien vorhanden sei. Denn die mittleren Fehler der verglichenen Schwingungsdifferenzen sind etwa viermal kleiner, als die obige Differenz von $0,114 \text{ cm}^{-1}$. Hr. Runge bemerkt auch, daß diese Schlüsse im Einklang stehen mit dem Befunde von S. Datta, daß die Kombinationslinie $1 s - 3 d_1$ doppelt ist mit einer Differenz von $2,74 \text{ cm}^{-1}$ der Wellenzahlen. Da die stärkere Linie dieses Paares nach rot liegt, muß $3 d_1 > 3 d_2$ erfüllt sein und $3 d_1 - 3 d_2 = 2,74 \text{ cm}^{-1}$.

Es liegt daher der Fall 2) vor. Man würde nur erwarten, daß in den Schwingungsdifferenzen der Paare $m = 6 \quad 7 \quad 8$ ein Gang aufträte, nämlich daß $\lambda = 5350, 5100, 4960$ die kleinste Abweichung von der Differenz $57,693$ der II. N.-S.-Paare aufweisen würde. Wenn das nicht der Fall ist, würde man vermuten, daß die besprochenen Momente nicht die einzigen sind, welche diese Messungen beeinflussen. Denn die Differenz $\Delta m d_1$ muß im allgemeinen mit wachsendem m abnehmen.

Für die Paare des Natriumspektrums führt die von Hrn. Runge durchgeführte Vergleichung zu dem Resultat, daß die Paare der I. N.-S. um $0,023 \text{ cm}^{-1}$ enger berechnet werden, als die der II. N.-S., während die mittleren Fehler der Einzelwerte der Differenzen $0,0025$ und $0,008$ sind. Hier fällt auf, daß die größte Abweichung der verwerteten vier Einzelwerte der I. N.-S. $0,03 \text{ cm}^{-1}$ beträgt, also von der Größe der behaupteten Differenz ist. Es fällt weiter auf, daß die mittleren Fehler der verglichenen Mittelwerte bedeutend kleiner sind als bei den Paaren des Kalium, wo sie $0,033$ und $0,023$ betragen, also so groß sind, wie die Zahl, auf die sich die Schlüsse bei Natrium gründen. Diese Schlüsse wären, daß der Begleiter auch bei Na I bemerkt wird, daß er aber dem Falle 1) entsprechend außen liegt. Dies ist aber nicht wahrscheinlich. Denn das Na I-Spektrum muß ähnlich dem Spektrum Mg II des einfach ionisierten Mg und dem Spektrum Al III des zweifach ionisierten Aluminiums sein, nur daß die Differenzen Δd_1 noch bedeutend kleiner sind. Denn es handelt sich in den drei Fällen um die Bindung des elften Elektrons bei verschiedener Kernladung. Bei Mg II findet A. Fowler $3 d_1 > 3 d_2$ und $3 d_1 - 3 d_2 = 0,99 \text{ cm}^{-1}$ aus der Serie $3 d_j - m_f$ (B-Serie), welche aus Dublets besteht, deren stärkere Linien kleinere Wellenlängen haben²⁾. Im Spektrum Al III ist es analog (beobachtet am Dublet $4 d_j - 5 f_1$). Hier sind außerdem die Linienfigurationen des Falles 2) zum ersten Male durch einige Repräsentanten vertreten, nämlich durch $3 d_j - 4 p_i$ (Dublet $3601-3612$) und $4 p_i - 4 d_j$ (Dublet $4512-4529$). Es ist nicht wahrscheinlich, daß die Dublets der I. N.-S. des Spektrums Na I, bei denen die d_j -Differenzen kleiner sein müßten als im Mg II-Spektrum, eine andere Struktur haben, wenn in ihnen die Differenzierung $\Delta m d_1$ noch vorhanden ist. Die $\Delta 3 d_j$ -Differenz ist entweder bereits Null, und die Weite der Dublets der beiden Nebenserien unterscheiden sich nicht mehr, oder man sollte erwarten, daß der Fall 2) vorliege. Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten kann meiner Meinung nach aus den Messungen von S. Datta nicht abgeleitet werden. Nach diesen sind die Dublettdifferenzen der beiden Serien innerhalb der möglichen Fehler gleich.

Zu den Fehlern kommt nämlich die Unschärfe der Linien hinzu, welche Datta selber für den Fall größerer Dampfdichte hervorhebt. Durch beständiges Pumpen sucht er die Unschärfe zu verkleinern. Nun sind sowohl bei K wie besonders bei Na sämtliche Linien der I. N.-S. unscharf nach Rot, um so mehr, je stärker die Linie ist. In diesem Falle kann man die Wellenlänge der Linie nicht mehr richtig messen. Man erhält zu große Wellenlängen, um so mehr, je stärker die Linie ist. Dann wird im Falle 2) die Differenz zu groß. Dies wird im Spektrum K I bei der Linie 4960 mehr der Fall sein als bei 5350 , weil die Unschärfe der höheren

¹⁾ S. Datta, Proc. Roy. Soc. A. Vol. 99 (1921), p. 69.

²⁾ Die Bezeichnungen sowohl bei E. Fues, Ann. d. Phys. 63, 1920, Heft 1, wie in „Paschen-Götze, Seriensysteme“ sind unrichtige. $3 d_1$ entspricht der stärkeren Linie, welche kleinere Wellenlänge hat.

Serienglieder eine größere ist, womit für die oben hervorgehobene Unstimmigkeit die Möglichkeit einer Begründung gegeben scheint.

Daß die von N. A. Kent gemessenen Differenzen der Dublets der beiden Nebenserien des Spektrums Li I auf die Wirkung eines vorhandenen Satelliten zurückzuführen seien, wie A. Sommerfeld³⁾ meint, erscheint hier nach noch weniger möglich als bei Na.

Wenn hier das gesagt ist, was nach bisherigen Tatsachen im Falle von Na I zu erwarten ist, so wäre es doch interessant, durch das Experiment bei Na die Differenz $\Delta 3 d_j$, oder bei K diejenigen $\Delta 5 d_j$ und $\Delta 6 d_j$ unter Auflösung der starken Linie nachzuweisen. In den Spektralgesetzen sind Verallgemeinerungen unsicher.

Tübingen, den 13. Mai 1923.

F. Paschen.

Astronomische Mitteilungen.

Cerulli Nachfolger Kapteyns im Vorstand der Astronomischen Gesellschaft. Der Vorstand der Astronomischen Gesellschaft hat in einer kürzlich in Potsdam abgehaltenen Sitzung an Stelle des im vorigen Jahre verstorbenen berühmten holländischen Astronomen Kapteyn den Präsidenten der italienischen astronomischen Gesellschaft, Professor V. Cerulli, als Vorstandsmitglied kooptiert. Professor Cerulli hat einen in der internationalen Astronomie wohlbekannten Namen. Bei der letzten Versammlung der von den alliierten Astronomen gegründeten „Union Astronomique Internationale“, Rom, Mai 1922, hielt er eine große Rede, die verdient, in diesem Zusammenhange besonders hervorgehoben zu werden. Wir geben den letzten Teil dieser Rede in Übersetzung nach dem offiziellen Versammlungsbericht wieder:

„Unsere Institution, meine Herren, ist also in mehr als einem Hauptpunkte lobenswert, und wir, die wir ihr anzugehören schon die Ehre und das Glück haben, müssen mit ebensowiel Stolz als Liebe auf sie blicken. Dies enthebt uns aber nicht der Pflicht, ihr dieselbe kritische Betrachtung zuzuwenden, die, wie wir gesehen haben, die unzertrennliche Begleiterin unserer Unternehmungen sein muß. Sie werden mir also gestatten, auf den Schritt hinzuweisen, der uns noch von der Vollkommenheit trennt. „Gestatten“ sage ich — schließe ich aber von meiner Gesinnung auf die Ihrige, so glaube ich, daß es heute nach Ihrer aller Meinung eine Pflicht ist, einem hohen Gedanken Ausdruck zu geben, der seit einiger Zeit Ihre Geister ohne Ausnahme beschäftigt.

Lebensbedingung für unsere Union, meine Herren, ist die Universalität. Soll Urania aus ihr Nutzen ziehen, sie nicht fallen lassen als einen Organismus weniger hoher Art als sie selbst und deshalb unfähig, ihren Zwecken zu dienen, so ist es unerlässlich nötig, daß die Union sich auszudehnen suche auf alle Kulturvölker. Die Unterscheidung zwischen ihr angehörenden und ihr nicht angehörenden Ländern muß verschwinden. Wenn die Union lebensfähig sein, d. h. den Folgerungen der Logik entsprechen soll, so müssen alle Länder sich als ihr angehörend betrachten, da jede Beschränkung, jede Ausschließung auf die Dauer absurd sein würde, und nichts fürchten die Männer der Wissenschaft mehr als das Absurde, ja es ist das einzige, was sie fürchten. Stellen Sie sich vor, meine Herren, welcher Gipfel, welcher Exponent des Absurden: eine Relativitätskommission ohne Einstein!

Es ist ja richtig, daß die Union unheilvollen, kritischen Zeiten ihren Ursprung verdankt, aber es ist unsere höchste Pflicht, sie nunmehr gerade von dem Fehler zu befreien, der ihr von jenen Zeiten her anhaftet. Heute, meine Herren, müssen wir uns des

schönen Lobspruches des pälignischen Dichters erinnern, den er an die Astronomen von vor 2000 Jahren richtete:

„Credibile est illos pariter vitiosque locisque
Altius humanis exseruisse caput.“

Ovid. Fast. I, 299 f.

Es ist mehr denn je die Zeit, meine Herren, diesen Lobspruch zu verdienen. Ovid schreibt uns die Fähigkeit zu — und wir sollen das wahr machen — nicht nur unsere Augen über die irdischen Räume, sondern auch unsere Geister über die menschlichen Fehler zu erheben. Die menschlichen Fehler und Schwächen führen notwendig zu nationalen Rivalitäten, zu nationalem Haß. Wir Astronomen aber pflegen neben unserer angeborenen Nationalität eine solche der Wahl, eine Supernationalität, die uns für immer mit Banden der Brüderlichkeit vereinigt und keine Ausnahmen kennt. „Sic petitur caelum!“ Nur durch diese Supernationalisierung der Astronomen darf Uranians Wissenschaft sich einen klaren, ungestörten Aufstieg versprechen: denn, wie alle anderen reinen Wissenschaften, hat auch sie ein unpolitisches Feld nötig, auf dem die spekulativen Geister aller Stämme sich in heiterer Ruhe verschmelzen und gegenseitig ergänzen können.

Wenn ich also die Vervollständigung der Union durch Einladung der noch abwesenden Nationen, sich ihr anzuschließen, als das schönste Ziel bezeichne, zu welchem unsere heutigen Besprechungen führen sollen, so glaube ich nicht nur meiner eigenen und der Gesinnung meiner italienischen Fachgenossen, sondern auch der aller hier versammelten illustren Gäste Ausdruck zu geben.

Dieser Wunsch, meine Herren, lag schon, wie gesagt, seit einiger Zeit in unseren Seelen verborgen. Mir, der ich die Ehre habe, in Rom zu Ihnen zu sprechen, lag die Verpflichtung ob, diesem Wunsche öffentlich und feierlich Ausdruck zu geben, denn Roms Name ist für erleuchtete Geister das Sinnbild jener Supernationalität, die wir anrufen.

Hiernach bleibt mir nur noch übrig, meine herzliche Begrüßung zu wiederholen, indem ich sie auch auf jenen illustren und integrierenden Teil der astronomischen Welt ausdehne, der bei unserer Zusammenkunft fehlt, und indem ich die Zuversicht ausspreche, daß der nächste Kongreß der Union sich der Anwesenheit Aller wird erfreuen können.“

Die Stellung der Kugelhaufen und der Spiralnebel gegenüber unserem Milchstraßensystem ist vor allem bezüglich der Spiralnebel noch keineswegs endgültig geklärt, so daß jeder Versuch, der geeignet ist, neues Licht in das Problem zu bringen, begrüßt werden muß. Reynolds, der sich schon früher ausgiebig mit den Spiralnebeln befaßt hat, untersucht in den Monthly Notices (LXXXIII, S. 147—152, The Galactic Distribution of the Spiral-Nebulae, with Special Reference to Galactic Longitude) die Beziehungen zwischen der

³⁾ A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien, 3. Aufl., S. 443.

Verteilung der Spiralnebel und der Kugelhaufen und kommt zu folgenden bemerkenswerten Ergebnissen:

1. Die scheinbare Verteilung der Kugelhaufen und Spiralen (von 2' Durchmesser aufwärts) zeigt deutlich eine gegenseitige Ausschließlichkeit. Es kommen nur ganz vereinzelt Spiralen vor in dem Gebiet, auf das, wie man seit langem weiß, die Kugelhaufen beschränkt sind, vor allem auf der nördlichen galaktischen Hemisphäre.

2. Auf der nördlichen galaktischen Hemisphäre gibt es mehr Spiralnebel, als auf der südlichen (Verhältnis 3 : 2), und sie bilden hier ein breites Band, das sich von der Gegend des Großen Bären unter gleichzeitiger Abnahme der scheinbaren Größe der Nebel über den Pol hinweg nach dem Sternbilde der Jungfrau hinzieht. Dagegen befinden sich die fünf größten Spiralnebel südlich der Milchstraße. Daraus ist zu schließen, daß die Ebene der Milchstraße im System der Spiralnebel unsymmetrisch liegt, nämlich merklich südlich der Symmetrieebene.

3. Während wir die größten Spiralnebel vorzugsweise in sehr schräger Aufsicht (d. h. fast „von der Kante“) sehen, erscheinen die Neigungen der Spiralebenen gegen die Gesichtslinie mit abnehmender Größe der Nebel immer gleichmäßiger um den Mittelwert 30° verteilt.

4. Wenn es erlaubt ist, den von *Shapley* für die Kugelhaufen bemerkten linearen Zusammenhang zwischen scheinbarem Durchmesser und Entfernung auf die Spiralnebel zu übertragen, dann müssen wir einen sehr weiten Spielraum für die Entfernungen zulassen, da Durchmesser von 130' (Andromedanebel) bis herab zu 30" festgestellt sind.

Hopmann (Über die kosmische Stellung der Kugelhaufen und Spiralnebel, *Astr. Nachr.* 5215) bewegt sich zum großen Teil in den Bahnen *Shapleys*, indem er die verschiedensten photometrischen Daten zur Ableitung der Entfernungen heranzieht. Bezüglich der Kugelhaufen findet er *Shapleys* Ergebnisse bestätigt. Die Spiralnebel sucht er als im Prinzip mit den Sternhaufen gleichartige Gebilde zu beweisen. Bei dem stark hypothetischen Charakter, der den verschiedenen, zur Bestimmung der Entfernung der Spiralnebel vorgeschlagenen Methoden zukommt, ist es kaum am Platze, hier näher darauf einzugehen. Wir begnügen uns mit der Skizzierung des Bildes, das *Hopmann* sich vom Universum macht. Mit *Shapley* betrachtet er die Kugelhaufen als außerhalb des eigentlichen „Milchstraßenkomplexes“, diesem aber relativ nahe, stehend. Die Spiralnebel sollen als den Sternhaufen ähnliche Gebilde dann die äußere Hülle des Ganzen abgeben. Vom Zentrum des Milchstraßensystems (dieses mit den Durchmessern etwa 4000 und 20 000 parsec) wären die nächsten Spiralnebel (Andromeda) etwa 5000 parsec, die fernsten aber etwa $2,5 \cdot 10^6$ parsec entfernt.

Die *Pickeringserie* in den Spektren der O-Sterne ist bekanntlich zuerst für eine Nebenserie des Wasserstoffs gehalten; später, auf Grund des Bohrschen Atommodells, aber als eine Serie des ionisierten Heliums erkannt worden. Die Hälfte der Linien fällt nahe mit den Wasserstofflinien H_α, H_β, \dots zusammen und unterscheidet sich von diesen nur um die kleine, von den verschiedenen Rydbergkonstanten herrührende Wellenlängendifferenz von 2 Å. E. Während im physikalischen Laboratorium die Trennung dieser Linienpaare längst gelungen ist (*Paschen* 1916), hatte die Auflösung der

im allgemeinen sehr breiten Wasserstofflinien in den Spektren der O-Sterne bisher allen Bemühungen der Astronomen getrotzt. Jetzt hat *H. H. Plaskett* (*The Spectra of three O-Type Stars*, Publ. of the Dominion Astrophys. Obs. Victoria I, 30) an drei Sternen einwandfrei die Trennung der Linien vollzogen. Es stand ihm ein ausgezeichneter Spektrograph zur Verfügung, der mit einem, zwei oder drei Prismen die folgenden linearen Dispersionen (Å. E./mm) zu erreichen gestattete:

Prismen	H_α	H_β
I	123	23
II	66	11
III	45	7

Es wurden von 10 *Lacertae* (Typus Oe 5 mit scharfen Linien) 17 Aufnahmen gewonnen, von 9 *Sagittae* (Oe 5 mit diffusen Linien) 7 und von $B_D + 35^\circ 3930$ (Oe ohne He-Linien, nur mit He+) deren 4. In der Mehrzahl der Fälle ließen sich die fraglichen Linien trennen und die Wellenlängen messen. Im Mittel ergaben sich die folgenden Zahlen, welche mit den daneben gestellten Laboratoriumsmessungen verglichen werden können.

Sternspektren		Laboratorium	
H	He+	H	He+
6562,59 \pm 0,04	6560,04 \pm 0,02	6562,793	6560,13
—	5411,62 04	—	5411,55
4861,32 * 01	4859,08* 09	4861,326	4859,34
—	4685,70 01	—	4685,74
—	4541,67 03	—	4541,61
2340,43 * 62	4338,80 04	4340,467	4338,69
—	4200,06* 03	—	4199,86
4101,72 * 01	4100,27 06	4101,738	4100,05

Die mit * bezeichneten Linien sind in den Sternspektren durch Stickstofflinien gestört. Die Übereinstimmung mit der Bohrschen Theorie läßt also nichts zu wünschen übrig, wie auch noch der Vergleich der von *Plaskett* abgeleiteten Rydbergkonstanten mit der von *Paschen* bestimmten zeigt:

$$\text{Plaskett: } N_2 = 109\,722,3 \pm 0,4$$

$$\text{Paschen: } N_2 = 109\,722,14 \pm 0,04$$

Im 3. Kapitel seiner Arbeit untersucht *Plaskett* die O- und B-Spektren näher und kommt zu dem Schlusse, daß die Harvard-Einteilung etwas modifiziert werden müsse. Wenn man auf Grund der Theorie *Sahas* die Linienintensität als qualitatives Maß einführt, dann läßt sich die Klasse O in streng dezimaler Unterteilung vor die Klasse B stellen. *Plaskett* gibt für die einzelnen Unterklassen je einen typischen Stern und das Intensitätsverhältnis gewisser Linienpaare an.

In einem Anhang wird schließlich noch auf die physikalische Deutung der Sternspektren eingegangen und nach Darlegung der *Sahaschen* Gedankengänge eine Verbesserung und Erweiterung dieser Theorie vorgebracht, in der den Zusammenstößen der freien Elektronen mit den Atomen eine wesentliche Rolle zukommt.

H. Kienle.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 23. (Seite 437—460.)

8. Juni 1923.

44ter Jahrgang.

INHALT:

Über Stammbäume von Pflanzenfamilien. Von *Hugo de Vries, Lunteren*. S. 437.

Das Wesen der Kurzsichtigkeit im Lichte neuerer Forschungen. Von *W. Clausen, Halle a*. S. 441.

Besprechungen:

Boeke, H. E., und W. Eitel. Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. 2. Auflage. Von *P. Niggli, Zürich*. S. 449.

Trautz, Max. Lehrbuch der Chemie. Band II. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 449.

Abderhalden, Emil. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. I: Chemische Methoden. Teil 7. Spezielle analytische und synthetische Methoden. Heft 2. Von *Herbert Schotte, Dresden*. S. 450.

Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie. 2. Auflage. Von *W. Noddack, Berlin*. S. 451.

The Svedberg. Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen anorganischer Stoffe. 2. Auflage. Von *Alfred Coehn, Göttingen*. S. 452.

Grube, Georg. Grundzüge der angewandten Elektrochemie. Band I: Elektrochemie wässriger Lösungen. Von *Alfred Coehn, Göttingen*. S. 452.

Neger, F. W. Grundriß der botanischen Rohstofflehre. Von *M. Bergmann, Dresden*. S. 452.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 452 bis 456.

Die Kristallstruktur natürlicher und synthetischer Oxyde von Uran, Thorium und Cerium. Ein besonders hafniumreiches Mineral. Die Konstitution des Amygdalins. Geographisches aus Südamerika.

Astronomische Mitteilungen. S. 456—457.

Sternbegegnungen mit kosmischen Staubbewölkern.

Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 1922. S. 457—460.

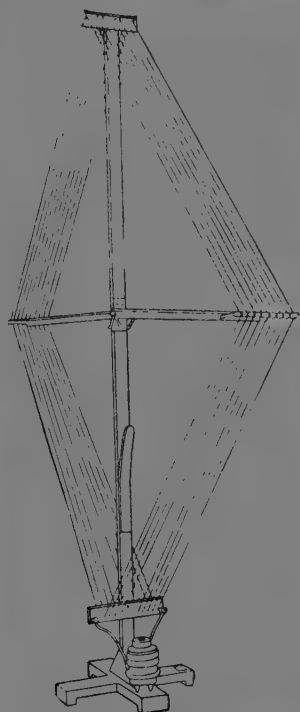
Das erste deutsche Radio-Amateurbuch

von Dr. Eugen Nesper

erschließt Ihnen das große Absatzgebiet für alle zum Radiobetrieb erforderlichen Einrichtungen, Apparate und Zubehöre durch

**Anpreisung
Ihrer Radio-Erzeugnisse
im Anzeigenanhang
des demnächst erscheinenden Buches**

Auf Wunsch Einzelheiten unverbindlich durch die Anzeigenverwaltung des Verlags Julius Springer, Berlin W 9



Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 4800.— M. für Juni 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 11893 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Reizbewegungen der Pflanzen

Von

Dr. Ernst G. Pringsheim,

Privatdozent an der Universität Halle.

Mit 96 Abbildungen. (VIII, 326 S.) 1912. G. Z. 12.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Seriengesetze der Linienspektren

Gesammelt von **F. Paschen** und **R. Götze**

(IV, 154 Seiten, Format 16 × 24 cm)

Gebunden G. Z. 11

Die in letzter Zeit gesteigerte und schon lange nicht mehr zu befriedigende Nachfrage nach der Dissertation von B. Dunz, Tübingen 1911 hat den Verfasser veranlaßt, die Seriensammlung von Dunz zu vervollständigen und umzuarbeiten. An der Zusammenstellung ist außer F. Frommel (Tübinger handschriftliche Dissertation 1921) besonders R. Götze beteiligt. Die Vervollständigung bezieht sich hauptsächlich auf die seit 1911 bekanntgewordenen Gesetzmäßigkeiten, die Umarbeitung auf eine bessere Anpassung an heutige theoretische Gesichtspunkte. Das Beobachtungsmaterial ist meistens noch das frühere (Wellenlängen nach Rowlands Einheiten). Den Tabellen geht eine Einleitung voran, die einiges aus der praktischen Serienforschung zusammenstellt, das, was dem Verfasser als ihre elementarste Grundlage erscheint.

Inhaltsverzeichnis. **Einleitung** (Paschen): I. Allgemeine Serienanordnung. II. Differenzierung der Terme. III. Wie findet man eine Serie und ihre Grenze? IV. Die Quantenbeziehungen der Spektralgesetze. — **Die Serienspektren:** Serienformel des Wasserstoffes und des ionisierten Heliums / Wasserstoff / Helium, Funkenspektrum / Helium, Bogenspektrum / Neon / Argon / Lithium / Natrium / Kalium / Rubidium / Caesium / Kupfer / Silber / Beryllium / Kalzium / Strontium / Barium / Radium / Magnesium / Zink / Cadmium / Quecksilber / Kohlenstoff, Bor. / Aluminium / Skandium / Yttrium / Lanthan / Neoytterbium / Gallium / Indium / Thallium / Silizium / Sauerstoff / Schwefel / Selen / Mangan / Zusammenstellung der s-Terme der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. ms-(m+1)s der Bogenspektren / Tabelle der Terme mp der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. mp-(m+1)p der Bogenspektren / Tabelle der Terme md der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. md-(m+1)d der Bogenspektren / Werte $109\,737,1/(m+a)^2$ und der Differenzen / Tabelle der Terme mf der Bogenspektren / Die experimentell festgelegten Zeemantypen der Serienlinien.

Über Stammbäume von Pflanzenfamilien.

Von *Hugo de Vries, Lunteren.*

Seitdem *Ernst Haeckel* in seiner *Generellen Morphologie* Stammbäume für das ganze Reich der Pflanzen und der Tiere entworfen und gezeichnet hat, ist diese Methode, die Ergebnisse der systematischen Forschung übersichtlich darzustellen, immer mehr beliebt geworden. Man hat sie auch auf kleinere Gruppen angewendet, und Stammbäume von einzelnen Familien und von größeren Gattungen zieren jetzt ganz regelmäßig die größeren systematischen Werke. Sie sind aber nicht überall einspruchsfrei, da die persönlichen Ansichten der Autoren in bezug auf den relativen Wert der Merkmale nur zu oft auseinandergehen.

Eine wesentliche Stütze geben dabei in der letzten Zeit die paläontologischen Befunde. Namentlich haben die fossilen Samen und Früchte hier wertvolle Tatsachen ans Licht gebracht. In manchen Familien sind ihre Formen charakteristisch und ist die Menge der Einzel Exemplare eine außerordentlich große. Man kann dann mit ausreichender Sicherheit bestimmen, in welchen geologischen Schichten die Unterfamilien und wichtigeren Gattungen zuerst aufgetreten sind. Stimmt das Ergebnis mit dem aus den systematischen Beziehungen abgeleiteten Stammbaum überein, so erhält man eine tatsächliche Stütze, welche die Zuverlässigkeit der früheren Folgerungen wesentlich erhöht.

In dieser Richtung kann man nun noch einige Schritte weitergehen. In einem früheren Aufsatz in dieser Zeitschrift (d. Jahrg. S. 189 bis 194) habe ich die neuen Resultate von *J. C. Willis* über die Entstehung und Wanderung der Pflanzenarten besprochen. Sie sind in einem Buche über das Alter und das geographische Gebiet, „*Age and Area*“, zusammengefaßt worden. Die Anwendung der von ihm gefundenen sehr einfachen und allgemeinen Gesetze der Verbreitung auf das Entwerfen von Stammbäumen lag auf der Hand. Die daselbst entwickelten leitenden Prinzipien werde ich in diesem Aufsatz versuchen übersichtlich darzulegen. In demselben Buche hat der Systematiker *J. Small* die Methode auf die Familie der Korbblütler angewendet und die sich daraus ergebenden Resultate werde ich am Schlusse zu besprechen haben.

Bei der Beurteilung der Wanderungen der Arten ist man bisher oft von zwei Gesichtspunkten ausgegangen, welche sich beide aber wesentlich nur auf Ausnahmefälle beziehen. Ich

meine die Verbreitung besonders bevorzugter Arten und die Einfuhr von wildwachsenden Pflanzen durch den Menschen in speziell für sie geeignete Gebiete. Früchte und Samen mit Haarbüscheln, solche mit Flügeln und ähnlichen Einrichtungen werden vom Winde leicht verbreitet. Ganz feine Samen wie diejenigen der Orchideen eignen sich dazu vielleicht noch besser, und namentlich sind für die Sporen der Farne Transporte über bedeutende Strecken bekannt geworden. Die Samen der Beeren werden von Vögeln, die Früchte mit Haken von verschiedenen Tieren auf bedeutende Entfernungen gebracht. Viele andere Beispiele sind den meisten meiner Leser wohl bekannt. Fragt man aber, ob dieses für die betreffenden Pflanzen von wesentlichem Nutzen ist, und betrachtet man die Sache rein empirisch, so muß die Antwort verneinend ausfallen. Das Taschenkraut (*Capsella Bursa pastoris*) hat keine besonderen Verbreitungsmittel und dennoch ist es ein ebenso gemeines Unkraut wie der Löwenzahn. So geht es in zahlreichen Fällen. Und im großen und ganzen sind die schönen Verbreitungsmittel im Pflanzenreich so selten, daß aus den Wanderungen ihrer Träger allgemeine Gesetze gar nicht abgeleitet werden dürfen.

Fast überall, wo der Mensch eingreift, sieht man wildwachsende Arten, welche aus fremden Gebieten eingeführt worden sind. Mit Getreidearten kommen die Unkräuter der Äcker, mit Wolle und anderen Produkten die diesen anhängenden Samen, in der Nähe von Gärten und namentlich von botanischen Gärten findet man oft die schönsten Blumen verwildert. Manche dehnen sich schnell aus, weitaus die meisten finden aber dazu die geeigneten Bedingungen nicht. Die schnellen Wanderungen folgen aber ganz gewöhnlich den Straßen und den Eisenbahnen, wie z. B. die russische Distel (*Salsola Tragus*) in Nordamerika, und die zahlreichen neuen Ansiedler in Kalifornien. Sie können uns offenbar über die allgemeinen Gesetze der Pflanzenwanderungen in der freien Natur nichts lehren. Dasselbe gilt von den Einfuhren auf der Insel Ceylon. *Tithonia diversifolia*, eine mit unseren Sonnenblumen verwandte Pflanze, hat etwa 1866 angefangen, sich auf der Insel zu verbreiten und hatte 1900 nahezu alle ihr zusagenden Standörter erreicht. *Mikania scandens* fing ihre Wanderungen ungefähr 1905 an und war zehn Jahre später in der ganzen Umgegend von Peradeniya zu finden. Es geht daraus aber nicht her,

vor, daß im Freien unter normalen Bedingungen die Wanderungen mit einer solchen Geschwindigkeit stattfinden sollten. *Galinsoga parviflora* und der Wanzensame (*Corispermum Marshalli*), welche vor etwa einem Jahrhundert in Holland eingeführt worden sind, bewohnen jetzt noch fast nur die gleich anfangs von ihnen eroberten Gebiete. Und für die meisten einheimischen Arten lehrt die tägliche Erfahrung, daß sie entweder ihre alten Grenzen innehalten oder sich darüber doch nur langsam ausbreiten.

Unsere Folgerung ist somit, daß in der Natur im großen und ganzen die Wanderungen der Arten sehr langsam stattgefunden haben und daß besondere Verbreitungsmittel darauf keinen bedeutenden Einfluß haben gelten lassen. Daraus geht hervor, daß wir keinen Grund haben für die geläufige Annahme, daß weitaus die meisten Pflanzen ihre Wanderungen schon beendet hätten und daß sie das ganze ihnen zusagende Gebiet schon jetzt bewohnen sollten. Im Gegenteil deutet alles darauf hin, daß die Wanderungen noch fortauern. Allerdings nicht in derselben Weise wie während der Eiszeit unter dem Einfluß der damaligen gewaltigen klimatischen Veränderungen. Aber doch wohl ähnlich wie in den ruhigeren Perioden der Weltgeschichte. Die jetzigen Grenzen der Gebiete werden selbstverständlich teilweise von klimatologischen und ökonomischen Faktoren beherrscht, daneben aber wesentlich auch von der Frage, ob die betreffende Art schon alt genug ist, um ihre endgültigen Grenzen zu erreichen.

Die Untersuchung der geographischen Bezirke oder der Wohnstätten der jetzt lebenden Arten hat nun, nach der neuen statistischen Methode durchgeführt, zur Erkenntnis einer sehr allgemeinen Regel geleitet. Diese ist im großen und ganzen dieselbe für alle darauf geprüften Familien und größeren Gattungen. Sie ist von besonderen sogenannten Anpassungen unabhängig, indem man diese durch die Benutzung von Mittelzahlen möglichst ausschließt. Die Regel sagt aus, daß in jeder Familie die Gattungen mit der weitesten Verbreitung als die ältesten zu betrachten sind, ihnen folgen diejenigen mit kleinerem Gebiete, während die nur lokal wachsenden Formen die jüngsten sind. Man sieht leicht ein, wie man durch eine einfache Berechnung der betreffenden Mittelzahlen die geologische Folge der Gattungen und damit die Hauptzüge des Stammbaumes berechnen kann. Vergleicht man ferner die einzelnen Familien miteinander, so findet man, daß die einen nicht auffallend vor den anderen bevorzugt sind, und folgert daraus, daß nicht etwa spezielle Eigenschaften entscheidend sind. Nur die Zeitdauer, dieser allen Gruppen gemeinschaftliche Faktor, entscheidet über die Größe des eroberten Gebietes. Dabei bezieht man sich auf Mittelzahlen, welche für Gruppen von je 10–20 übereinstimmenden Abteilungen berechnet worden sind. Einzelne Gattungen können ja Ausnahmen

machen und somit den Grad der Sicherheit beeinträchtigen. Und wenn man kleinere Familien studiert, in denen ausreichende Mittelzahlen nicht zu erhalten sind, so wird man selbstverständlich mit einem geringeren Grade der Zuverlässigkeit zufrieden sein müssen.

Dabei kann man dann die biologischen Eigentümlichkeiten sowie die auf den Wanderungen begünstigenden Hindernisse in Betracht ziehen. Meeresarme und Gebirge, ungeeignete Bodenarten, bereits zu dicht bewachsene Regionen hemmen die Verbreitung bestimmter Formen, und die Anwendung von Mittelzahlen bezweckt ja gerade, ihren Einfluß in den Einzelfällen auszugleichen. Sie läßt uns die Wanderungen der Lebewesen als einen Vorgang betrachten, welcher in der Hauptsache nach mechanischen Gesetzen stattfindet, und ermöglicht es dadurch, einfach aus den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit in manchen Fällen Voraussagungen abzuleiten. Diese können dann mittels der berechneten Mittelzahlen geprüft werden, und diese Methode hat schon mehrfach zu wichtigen Bestätigungen des allgemeinen Gesetzes geführt.

Der geographische Umfang der Wohnstätten der Pflanzen ist den meisten meiner Leser wohl nicht sehr geläufig. Aber wer die Flora irgendeiner Gegend durch eigene Beobachtungen studiert hat, kann sich leicht eine Vorstellung davon machen, welche Gattungen reich und welche arm an Arten sind. Nun ist es eine alte Erfahrung der Systematiker, daß geographische Ausdehnung und Artenreichtum im großen und ganzen parallel gehen, und es ist klar, daß diese Regel das Problem in hohem Grade vereinfacht. Selbstverständlich darf man dabei nur die Gattungen innerhalb einer und derselben Familie miteinander vergleichen. In manchen Gruppen haben nun die statistischen Berechnungen diesen Parallelismus bestätigt. Wir können die Regel somit in solcher Weise aussprechen, daß wir sagen, daß, abgesehen von Ausnahmen und mit den erforderlichen Beschränkungen, aus der geographischen Verbreitung und dem Artenreichtum der Gattungen auf ihr relatives Alter geschlossen werden darf. So dürfen wir somit *Senecio* mit 1500 und *Astragalus* mit 1600 Arten als die ältesten Gattungen der Kompositen bzw. der Schmetterlingsblütler betrachten. Ähnliches gilt für *Carex*, *Epilobium*, *Euphorbia* und zahlreiche andere artenreiche Gattungen.

Dasselbe gilt von den Arten. Bewohnen diese ein großes Gebiet, so weisen sie in der Regel zahlreiche Varietäten auf. Dieses Verhalten war den alten Systematikern wohl bekannt. In den letzten Jahrzehnten sind aber mehrfach solche Varietäten zum Range von Arten erhoben worden. Bisweilen stellt man sie den Linnéschen Arten gleich. Bisweilen aber bezeichnet man sie als elementare Arten. Fast eine jede geographisch nicht zu sehr beschränkte Art, nach der älteren Fassung, hat einige, oft sogar viele solcher Unter-

abteilungen aufzuweisen. Ihre gemeinschaftliche Abstammung wird von keinem geleugnet. Da aber solche elementare Typen vielfach nur ein kleines Gebiet, jedenfalls ein viel kleineres Gebiet bewohnen als die betreffende Großart, darf man sie mit den tropischen und subtropischen, meist sehr lokalen endemischen Formen vergleichen. Und daß eine solche Vergleichung eine Übereinstimmung in vielen Punkten ans Licht bringen muß, wird jedem sofort klar sein. Namentlich bestätigt sie die neuere Auffassung, welche jene Endemismen als die jüngsten Mitglieder ihrer Flora betrachtet.

Kehren wir zu der Besprechung der Floren kleinerer Gebiete zurück. Hier kann man den Artenreichtum der Gattungen unmittelbar vergleichen mit der mittleren Verbreitung ihrer Spezies innerhalb der fraglichen Gegend. Man findet dann, z. B. für England, daß die artenreichsten Gattungen die gemeinsten Arten umfassen, und daß mit abnehmender Anzahl auch die mittlere Seltenheit zunimmt. Ähnliches ließe sich für andere Gegenden leicht berechnen.

Wir gelangen jetzt zu der Behandlung einer ganz anderen Frage, welche sich auf das Aussterben von Zwischenformen bezieht. Darf man solches in den Stammbäumen der einzelnen Familien annehmen, um etwaige größere Lücken in deren Zusammenhänge damit zu erklären? Oder muß man die Anschlüsse ohne eine derartige Hypothese befriedigend zu machen suchen?

Wir wollen dabei absehen von den großen Vertilgungen, welche der gewaltigen Wechsel des Klimas und der Bedeckung der Erdoberfläche während der Eiszeit herbeigeführt haben. Wir wenden uns lieber zu den tropischen und subtropischen Regionen, welche ja bekanntlich an eigentlichen, jungen, endemischen Arten so auffallend reich sind. Die ältere Auffassung nimmt an, daß neue Formen durch die Auslese fast unendlich kleiner Variationen und durch deren allmähliche Weiterentwicklung und Anhäufung infolge ihres Nutzens im Kampf ums Dasein entstanden seien. Zahllose Zwischenstufen müssen dabei jedesmal aufgetreten und wieder verschwunden sein. Schließlich muß die neue Art für die lokalen Anforderungen ihrer Umgebung besser ausgerüstet sein als ihre Mutterform, und diese somit nach kürzerer oder längerer Zeit verdrängen. Die alten Arten müssen dabei verschwinden, um den neuen Platz zu machen. Diese verbreiten sich auf Kosten ihrer Vorgänger. Und das System muß voller Lücken sein, teils kleinerer, zwischen den Arten, teils größerer, zwischen den Gattungen und Unterfamilien.

In der neuen Betrachtungsweise, welche auf den Ergebnissen der statistischen Methode aufgebaut worden ist, ist für solche unzählige ausgestorbene Zwischenformen offenbar kein Platz. Denn jede neu auftretende Form hat die gleiche Aussicht sich auszudehnen wie jede andere, also

auch wie die ihr vorangehenden, und die ihr folgenden. Dabei wird vorausgesetzt, daß wir die betreffenden Formen wieder in Gruppen von z. B. je 10 bis 20 betrachten, und so die Ausnahmefälle ausschließen. Aber wenn auch ausnahmsweise schlecht ausgerüstete Typen bald verschwinden würden, so würde doch weitaus die große Mehrzahl noch erhalten sein müssen und jede Familie müßte zahllose Übergangsformen aufweisen. Dem ist nun bekanntlich nicht so, und dieses drängt uns die Überzeugung auf, daß solche Zwischenformen auch gar nicht existiert haben. Sonst müßten ja, wie gesagt, sehr viele noch vorhanden sein.

Im allgemeinen muß man daher annehmen, daß junge Arten nicht besser für den Kampf ums Dasein ausgerüstet sind, als ihre Vorfahren. Sie erben die betreffenden Eigenschaften zumeist ohne weiteres von ihnen, m. a. W., sie übernehmen sie in der übergroßen Menge der Einzelfälle einfach ganz oder nahezu unverändert von ihnen. Die diagnostischen Unterschiede haben dabei in der Regel keine Bedeutung. Prüft man die Differenzen zwischen nächstverwandten Arten, so findet man meist gar keine Beziehung zum Kampf ums Dasein. *Coleus elongatus*, eine Art, welche ausschließlich auf dem Gipfel des Berges Ritigala in Ceylon wächst, unterscheidet sich von allen übrigen Arten dieser Sippe so stark, daß sie fast als eine Untergattung aufgefaßt werden könnte. Aber die Merkmale beziehen sich auf den Grad der Behaarung, auf die Länge der Blütenstiele, auf die Größe der Blumen, auf die Ungleichheit der fünf Zähne des Kelches und ähnliche ganz unbedeutende Unterschiede, welche offenbar keinen Wert für das Wachsen in den Spalten der Felsblöcke haben. Ein anderes Beispiel bieten die Bäume. Hier spielt sich der Kampf ums Dasein bekanntlich zwischen den Keimlingen ab, denn Hunderte oder Tausende von Samen keimen auf einem Raum, auf dem nur ein einzelnes erwachsenes Exemplar stehen kann. Was mag es dabei einem Ahorne nützen, ob die Blüten später grünlich oder rötlich gefärbt sein werden? Alle spezifischen Eigenschaften, welche erst im späteren Leben zum Vorschein treten, sind offenbar nutzlos, wenn sie nur nicht dem Leben oder der Fruchtbarkeit schädlich sind.

Fassen wir das Gesagte kurz zusammen. Wenn man die Arten einzeln betrachtet, so beruht deren Verbreitung auf zahlreichen Faktoren, wie ihren Verbreitungsmitteln, den Eigenschaften ihrer Keimpflanzen, dem Vermögen, sich auf dichtbewachsenem Terrain einen Platz zu erobern, usw. Dazu kommen klimatologische und geographische Hindernisse aller Art, bzw. die seltenen Entblößungen des Bodens durch Feuer, Überschwemmung u. dergl. Die Einzelfälle sind somit meist sehr komplizierter Natur. Nimmt man aber Gruppen von verwandten Typen, so heben sich diese speziellen Einflüsse in den Mittelzahlen mehr oder weniger auf, und man erhält Ergebnisse, welche

die allgemeineren Gesetze hervortreten lassen. Ohne ein solches statistisches Vorgehen bleiben die Erscheinungen der Pflanzenverbreitung unerklärlich, und je mehr man eine solche Erklärung auf Grund der Auslese ganz kleiner, sich allmählich anhäufender Variationen durchzuführen versucht, um so klarer stellt es sich heraus, daß die Tatsachen sich der Theorie nicht fügen wollen. Im besondern liegt gar kein Grund vor, aus der Theorie abzuleiten, daß die Verbreitung der Arten in der geologischen Zeit, und namentlich in der Tertiärperiode, während welcher sich die meisten Pflanzenfamilien ausbildeten, eine rasche gewesen sein muß. Noch auch, daß das Ende der Wanderungen bereits erreicht sei, und daß die Verbreitung sowie die Zahl der Arten in unserer Zeit etwas Abgeschlossenes seien. Vielmehr muß man sich vorstellen, daß die langsame geologische Evolution des Pflanzenreiches noch stets regelmäßig und nach den alten Gesetzen fortschreitet. Diese Gesetze sind aber ganz allgemeine und für jede nicht zu kleine Gruppe überall dieselben. Dieses weisen die Mittelzahlen einspruchslos nach. Und daraus geht dann wiederum hervor, daß die speziellen Anpassungen keine irgendwie hervorragende Rolle spielen können, und daß somit die differentiellen Merkmale der Arten und Gattungen für deren Verbreitung keine Bedeutung haben. Die alte Vorstellung, daß alles in der Natur einen für uns verständlichen Zweck habe, werden wir schließlich ebensogut fallen lassen müssen, wie solches in anderen Wissenschaften, z. B. in der Astronomie, schon längst geschehen ist.

Haben Zwischenformen bei der Entstehung von Arten keine Rolle gespielt, so ergibt sich die Vorstellung, daß die Artcharaktere in der Regel gleichzeitig und in innerem Zusammenhange aufgetreten sind. Anstatt der Annahme einer langsamen Entwicklung mittelst fast unmerklicher Stufen gelangt man zu der Ansicht kleiner Sprünge. Versucht man die Differenzen zwischen verwandten Arten auf elementare Faktoren zurückzuführen, so muß man sich vorstellen, daß diese gruppenweise umschlagen bzw. neu auftreten können. Diese Auffassung findet bekanntlich eine Stütze in den neueren Ansichten über die Ergebnisse der experimentell herbeigeführten Umwandlungen von Arten. In manchen Gruppen, wie bei der Bananenfliege oder *Drosophila*, pflegen die Mutationen jedesmal nur eine elementare Eigenschaft zu umfassen, nur selten sieht man zwei oder drei neue Merkmale gleichzeitig auftreten, und diese lassen sich dann durch geeignete Kreuzungen leicht trennen. In der Gattung der Nachtkerzen oder *Oenothera* finden die Umwandlungen der Faktoren aber ganz gewöhnlich in Gruppen statt und die Analyse solcher Gruppen setzt der Forschung noch stets bedeutende Schwierigkeiten entgegen. Gerade in diesem Punkte stehen unter allen experimentell studierten Umwandlungsprozessen die Mutationen

in dieser Gattung den artenbildenden Vorgängen in der Natur am nächsten.

Wenden wir nun diese Ergebnisse der statistischen Methode auf einen speziellen Fall an. Wir wählen dazu am besten eine der größten Pflanzenfamilien und betrachten diese an der Hand des von *Small* entworfenen Stammbaumes. Die Korbblütler haben den großen Vorteil, daß ihre kleinen harten und einsamigen Früchte in den tertiären Schichten in großen Mengen erhalten sind und daß man daraus das Alter der einzelnen Unterfamilien unmittelbar erschließen kann. Diese rein empirische Seite des Stammbaumes bildet nun die Grundlage für die Vergleichung der nach anderen Methoden erschlossenen verwandtschaftlichen Beziehungen. An erster Stelle kommt dabei die systematische Einteilung in Betracht. Diese wird namentlich auf die Merkmale der Narben und Griffel sowie der Staubfäden gegründet. Am einfachsten sind diese gebaut in der Gattung *Senecio*. Diese Gattung ist dazu die älteste und die artenreichste. Ihre Früchte sind in den oberen Schichten der Kreideperiode aufgefunden worden, in denen neben ihnen nur noch einzelne Verwandte von *Gnaphalium* vorkommen, während alle übrigen Abteilungen dem Tertiär angehören. Die Zahl der bekannten Arten ist 1500. Die jetzige geographische Ausdehnung wurde für die Unterfamilie der *Senecioneae* in folgender Weise berechnet. Die Verbreitung, in Millionen Quadratmeilen ausgedrückt, läßt sich für jede Gattung der Gruppe durch eine einfache Zahl angeben. Diese Zahlen werden summiert und durch die Anzahl der Gattungen dividiert. Das Ergebnis war 7.9 und diese Ziffer weist somit die mittlere Größe der geographischen Gebiete an, welche von den einzelnen Gattungen der *Senecioneae* bewohnt werden.

In ähnlicher Weise sind die entsprechenden Werte für die übrigen Unterfamilien berechnet worden. Dabei ergab sich dann, daß sie sämtlich kleiner sind als 7.9, daß somit die *Senecioneae* jetzt auf der Welt die größte Verbreitung besitzen. Innerhalb dieser Gruppe ist unser gemeines Kreuzkraut (*Senecio vulgaris*) wohl die am weitesten verbreitete Art. Sie darf somit als der Urform der Korbblütler am nächsten verwandt betrachtet werden. Sonst ist die Gruppe äußerst reich an Formen, von den kleinblütigen zu größeren Typen schreitend und schließlich die mehrere Meter hohen Riesenformen der afrikanischen Wüste erreichend.

Von dem Hauptstamme der Kreuzkräuter haben sich nun im Laufe des Tertiärs die übrigen Unterfamilien allmählich abgezweigt. Ordnet man sie nach den Merkmalen der Geschlechtsorgane und trägt man dann den mittleren Reichtum an Arten und die mittlere geographische Ausdehnung der Gattungen für jede Gruppe in die Liste ein, so ergibt sich eine sehr genaue Übereinstimmung. Ohne hier Einzelheiten anzu-

führen, kann man sagen, daß der systematische und der geographische Umfang mit zunehmender morphologischen Differenzierung stetig abnehmen. Die Sonnenblumen und die Asters sind die Vertreter von ganz alten, bereits im Eozän gefundenen Unterfamilien; sie sind zugleich sehr reich an Arten und haben eine geographische Verbreitung, welche durch die Zahlen 6,4 und 6,2 angegeben wird.

Die hoch differenzierten Ringelblumen (*Calenduleae*) sind erst im Pliozän aufgetreten und haben eine Verbreitung von nur 3,6. Die anderen Gruppen finden in beiden Beziehungen ihren Platz in regelmäßiger Folge zwischen den beiden Endpunkten. Die in unseren Gewächshäusern so beliebte Hängepflanze mit fleischigen Blättern und kleinen gelben Körbchen, *Othonna crassifolia* aber ist noch jüngeren Ursprunges und wächst, mit ihren nächsten Verwandten, nur in Ostafrika. Aber ohne viele Namen zu nennen und viele Zahlen vorzuführen, ist es nicht gut möglich, den gan-

zen Stammbaum in seinen Einzelheiten zu schildern. Nur möchte ich hervorheben, daß die zungenblütigen Gattungen mittels *Lactuca*, zu der unserer Salat gehört, im oberen Eozän sich vom Hauptstamme abgezweigt haben, während die röhrenblütigen jüngeren Ursprunges sind. Tubiflore Varietäten, d. h. solche mit ausschließlich Röhrenblüthen, treten auch jetzt noch häufig auf. Sie werden meist unter dem Namen *Discoidea* beschrieben und sind in den Gattungen *Matricaria* oder Kamille (*M. Chamomilla discoidea*) und *Bidens* oder Zweizahn wohl allgemein bekannt.

In ähnlicher Weise wie die Unterfamilien können auch die größeren Gattungen untersucht und gruppiert werden. Schließlich erhält man dann einen sehr detaillierten und durch die Übereinstimmung der Resultate so ganz verschiedener Forschungsrichtungen ausreichend gesicherten Stammbaum.

Das Wesen der Kurzsichtigkeit im Lichte neuerer Forschungen.

Von W. Clausen, Halle a. S.

Zum Verständnis der nicht medizinisch vorgebildeten Leser seien einige allgemein orientierende Bemerkungen über die verschiedenen kugelförmigen (sphärischen) Brechungs- (Refraktions-) Zustände des menschlichen Auges vorausgeschickt. Die von den Gegenständen der Außenwelt ausgehenden Strahlen werden von den brechenden Krümmungsflächen und -mitteln des Auges (Hornhaut, Linse, Augenkammerwasser und Glaskörper) so gebrochen, daß sie auf dem Auffangschirm des Auges, der Netzhaut, ein mehr oder weniger scharfes Bild der Außendinge geben. Ein im Ruhezustand befindliches Auge (d. h. ohne Anspannung des Naheinstellungs- oder Anpassungs- [Akkommodations-] Apparates), von dem parallel auf die Hornhaut auftreffende Strahlenbündel genau auf der Netzhaut vereinigt werden, nennt man ein normalbrechendes oder emmetropes Auge. Werden die Strahlen erst hinter der Netzhaut vereinigt, so handelt es sich um ein übersichtiges (hypermetropisches) Auge, das man früher wohl auch als weitsichtiges zu benennen pflegte. Schneiden sich hingegen die Strahlen schon im Glaskörper, also vor der Netzhaut, so haben wir ein kurzsichtiges (myopisches) Auge vor uns.

Der Kurzsichtigkeit können verschiedene, wenn auch nicht gleich häufige und wichtige Bedingungen zugrunde liegen. Zu starke Krümmung der Hornhaut, der vorderen oder hinteren Linsenfläche wie auch einmal beider zusammen, zu hohes Brechungsvermögen der Linse selbst, zu hoher Brechungsindex der Hornhaut oder des Kammerwassers, zu niedriger Brechungsindex des Glaskörpers und endlich ungewöhnliche Annäherung der Linse an die Hornhaut können gelegent-

lich eine mehr oder minder hohe Kurzsichtigkeit zur Folge haben. Von praktischer Wichtigkeit sind diese Formen von Kurzsichtigkeit jedoch nicht. Bei dem weit überragenden Teil der Kurzsichtigen ist der Refraktionszustand der Augen auf eine zu große Längsachse des Augapfels zurückzuführen. Der auf dem Gebiete der physiologischen Optik und Dioptrik des Auges durch seine bahnbrechenden Arbeiten berühmte holländische Augenarzt Donders hatte durch zahlreiche Hornhautmessungen schon festgestellt, daß der Hornhautradius bei Kurzsichtigkeit häufig nicht nur nicht kleiner, sondern selbst bei ihren höchsten Graden sogar größer, die Hornhaut also schwächer brechend sein konnte als bei Normal-sichtigkeit. In neuerer Zeit hat der leider viel zu früh verstorbene Züricher Augenarzt und Schulaugenarzt Steiger sehr umfangreiche Hornhautmessungen ausgeführt, auf Grund deren er treffend beweist, daß bei Normalsichtigkeit jede Hornhautbrechkraft (Refraktion), die normalerweise zwischen etwa 38 bis 49 Dioptrien (eine Dioptrie = einer Linse mit einer Brennweite von 1 m) variiert, vorkommen kann. Da die Brechwerte der Linse nicht erheblich zu schwanken pflegen, so muß also für den normalsichtigen Zustand eines Auges in erster Linie die Achsenlänge in Frage kommen. Wenn nun bei Kurzsichtigkeit in genau gleicher Weise wie bei Normalsichtigkeit die Hornhautrefraktion variiert, was Steiger ebenfalls durch seine ausgedehnten Hornhautmessungen nachweisen konnte, so muß nach allem die Achsenlänge in der Tat der variabelste Faktor im menschlichen Auge sein und in erster Linie für die Entstehung der Kurzsichtigkeit herangezogen werden. Man spricht deshalb

auch von einer Achsenmyopie oder Kurzsichtigkeit. Und nur von dieser soll nachfolgend die Rede sein.

Durch die außerordentlich umfangreiche Literatur über die Kurzsichtigkeit zieht sich fast regelmäßig die Frage nach den Ursachen ihrer Entstehung. Schon vor 300 Jahren hatte *Kepler* der Naharbeit einen gewissen Einfluß auf die Entwicklung der Kurzsichtigkeit zugesprochen. Wenngleich hier und da sich auch Stimmen vernehmen ließen, die eine gewisse Vererbung der Kurzsichtigkeit annahmen, so galt doch seit den statistischen Massenuntersuchungen des Breslauer Augenarztes *Cohn* und seiner Schule in den 70iger Jahren des vorigen Jahrhunderts die Entstehung der Kurzsichtigkeit durch Naharbeit als allgemein ausgemacht und anerkannt. *Cohn* hatte bei seinen umfangreichen Schuluntersuchungen einen angeblich erschreckend hohen Prozentsatz von Kurzsichtigen festgestellt, der besonders auf den humanistischen Gymnasien wie auch auf den Universitäten angeblich einen geradezu beängstigenden Grad angenommen hatte. Ja die Kurzsichtigkeit sollte auch von Jahr zu Jahr mit jeder höheren Klasse eine immer größere Zahl von Schülern befallen und einen immer höheren Grad erreichen. Aus diesen Erhebungen schlossen nun *Cohn* und seine Schule, daß die Kurzsichtigkeit, die sie ja nur während der Schulzeit hatten entstehen und zunehmen sehen, und zwar mit jeder höheren Klasse bei einer immer größeren Zahl, durch die Schule erzeugt sei. Sie ließen deshalb nicht nach, die energischsten Maßnahmen gegen das Umsichgreifen und die Zunahme der Kurzsichtigkeit, „der eminentesten aller Kulturkrankheiten“, zu fordern, wenn anders das deutsche Volk an seinem vornehmsten Sinnesorgan, dem Auge, nicht Schaden nehmen sollte. Dieser schwere Vorwurf gegen die Schule wäre aber nur dann berechtigt gewesen, wenn bei früheren Schuluntersuchungen gleich großen Umfanges wesentlich weniger Kurzsichtige gefunden worden wären. Aus früherer Zeit lagen aber solche Untersuchungen überhaupt nicht vor. Als feststehende Tatsache war den *Cohnschen* statistischen Befunden deshalb auch nur soviel zu entnehmen, daß unter den Schülern ein gewisser Prozentsatz von Kurzsichtigen sich befindet und daß die Kurzsichtigkeit an Zahl und Höhe mit den oberen Schulklassen zunimmt. Als man nun ferner feststellte, daß sich unter den Schülern der humanistischen Gymnasien ein höherer Prozentsatz von Kurzsichtigen fand als unter den Besuchern der Realgymnasien, Realschulen und Volksschulen, so galt auch das als Beweis für die Schädlichkeit der Naharbeit insofern, als die humanistischen Gymnasien die höchsten Anforderungen an die Augen stellen sollten.

Wenn tatsächlich die Naharbeit, in Sonderheit Lesen und Schreiben sowie feinere Handarbeiten, die Kurzsichtigkeit verursachten, so blieb doch

immer noch völlig rätselhaft, warum von Kindern, die annähernd gleiche Arbeit unter gleichen äußeren Verhältnissen, unter gleich guten oder schlechten hygienischen Umständen verrichteten, nicht alle ohne Ausnahme kurzsichtig wurden, sondern zum Glück nur ein verhältnismäßig geringer Teil. Unerklärlich blieb ferner, warum denn bei einer kleinen Anzahl von Menschen ohne jede Naharbeit sich doch, unter Umständen sogar beträchtliche, Kurzsichtigkeit ausbildete.

Trotz alledem machte man die Schul- und Naharbeit für die Entwicklung der Kurzsichtigkeit verantwortlich. Darüber aber, wie durch Naharbeit eine krankhafte Verlängerung des Augapfels zustande kommen sollte, wurden die verschiedensten Theorien entwickelt, ohne eine restlose eindeutige Erklärung zu bringen. Zunächst glaubte man, daß durch die Naheinstellung des Auges, durch die Anspannung des Akkommodationsmuskels der Druck im Augeninnern gesteigert würde und infolge dieses erhöhten Druckes der Augapfel in die Länge wachse. Bei Erhöhung des Binnendruckes pflegt aber das jugendliche wachsende Auge sich nach allen Seiten und nicht nur in der Richtung der Längsachse zu vergrößern, während das ausgewachsene Auge die Zeichen des grünen Stars aufweist, nie aber kurzsichtig wird.

Nach dieser Theorie müßte man erwarten, daß gerade die Uebersichtigen, die ja, soweit sie eine ihren Brechungsfehler korrigierende Brille, wie häufig in jungen Jahren nicht tragen, am stärksten akkomodieren müssen, langsam im Laufe der Zeit kurzsichtig würden. Das aber beobachtet man nie. Ferner ist nicht recht einzusehen, warum so oft gegen Ende der Wachstumsperiode, wenn die Naharbeit eher zu- als abnimmt, die Kurzsichtigkeit zum Stillstand kommt. Auch brauchen ja Kurzsichtige von 3 Dioptrien und darüber, die zum Lesen und Schreiben wie für feinere Naharbeiten recht oft ihr Glas nicht benützen, für das Sehen in der Nähe, das heißt in einem Abstand, der dem Fernpunkt ihrer Augen entspricht, nicht zu akkomodieren. Und trotzdem schreitet in vielen Fällen die Kurzsichtigkeit unaufhaltsam fort. Auch beobachten wir bei einseitiger Kurzsichtigkeit, wenn das kurzsichtige Auge sich in Schielstellung befindet und deshalb zum Sehen so gut wie nicht herangezogen wird, im Laufe der Jahre eine unter Umständen beträchtliche Zunahme dieser Refraktionsanomalie. Zudem werden auch nicht vorzugsweise die fleißigsten Schüler, die am meisten lesen und schreiben, kurzsichtig, sondern scheinbar ganz wahllos stellt sich bald bei diesem, bald bei jenem die Kurzsichtigkeit ein, ohne daß jedesmal andauernde Naharbeit vorausgegangen wäre. Am häufigsten sah man noch solche Kinder kurzsichtig werden, in deren Familien sozusagen Kurzsichtigkeit zu Hause war. Für einen Teil dieser Fälle hatte man, noch unter dem frischen und zum Teil auch falsch verstandenen Eindruck der

Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften stehend, angenommen, daß bei den gesunden, d. h. normalsichtigen Eltern infolge übermäßiger, langdauernder Naharbeit sich ein Akkommodationsspasmus (Krampf) ausgebildet hätte, der sich als Disposition zur Myopie vererbe und aus der dann bei den späteren Generationen sich eine echte Achsenmyopie (Kurzsichtigkeit) entwickle. Diese ganze Akkommodationstheorie verlor aber viel von ihrer zeitweise recht erheblichen Bedeutung, als nachgewiesen werden konnte, daß bei der Akkommodation der Augenbinnendruck in keiner Weise verändert, jedenfalls nicht erhöht wird.

Nunmehr machte man die Konvergenz der Augäpfel bei der Naharbeit für die Entstehung der Kurzsichtigkeit verantwortlich. Bei der Einwärtswendung sollten die äußeren Augenmuskeln einen Druck auf die Augäpfel ausüben und durch die dabei angeblich stattfindende Abplattung eine Zunahme der Längsachse des Augapfels herbeiführen. Zu einem beträchtlichen Teil ließen sich die gleichen Einwände, die vorhin schon gegen die Akkommodationstheorie erhoben worden sind, auch hier anführen. Zudem ist zu bedenken, daß bei der Naharbeit die Augen ständig mehr oder weniger stark in Bewegung sind. Demnach kann auf den Augen ein ununterbrochener, nennenswerter Druck nicht ruhen. Ein solcher wäre aber nötig, soll eine zur Kurzsichtigkeit führende Verlängerung der Längsachse daraus resultieren. Auch ist schwer auszudenken, weshalb durch die Konvergenz gerade in erster Linie der hintere Augapfelabschnitt zur Ausdehnung seiner Längsrichtung veranlaßt wird. Auch diese Theorie konnte und kann kritische Köpfe nicht befriedigen, weil sie auf allzu viele Beobachtungen und Tatsachen keine Antwort zu geben weiß. Dadurch daß von vielen Forschern ein Zusammenwirken beider Momente für die Entstehung der Kurzsichtigkeit angenommen wurde, kam man der Lösung dieser schwierigen Frage auch nicht näher.

Der Straßburger Augenarzt *Stilling* endlich wollte bei Kurzsichtigen eine niedrigere Höhe der Augenhöhle als bei Normalen und Übersichtigen festgestellt haben. Er meinte nun, infolge des dadurch bedingten Tiefstandes der sogenannten Rolle (Trochlea) von der ab der obere schiefe Augenmuskel (*Oblíquus superior*) erst zu wirken beginnt, müsse letztere bei Einwärtswendung des Augapfels, wie sie bei der Naharbeit erfolgt, die ja mit mehr oder weniger Konvergenz einhergeht, einen stärkeren und schädlichen Druck auf den hinteren Augapfelabschnitt erzeugen. Und hierdurch würde dann sekundär durch Dehnung dieses Abschnittes eine Kurzsichtigkeit verursacht. Hätten sich die *Stillingschen* Behauptungen in der Folge bewahrheitet, so würde damit in das Problem der Entstehung der Kurzsichtigkeit ein ganz neues Moment hereingetragen worden sein. Denn eine solche niedrige Augenhöhle hätte

man als ein äußeres Merkmal, als eine Schädelanomalie ansprechen müssen. Alle Schädeleigentümlichkeiten aber sind, soweit sie nicht durch ganz bestimmte Krankheiten verursacht werden, unter die vererbbaaren Merkmale einzureihen. Und somit würde für die Entwicklung der Kurzsichtigkeit das Moment der Vererbung, die man bis dahin so beharrlich abgeleugnet hatte, eine nicht unwichtige Rolle mitspielen. Nachuntersuchungen konnten aber die *Stillingschen* Befunde in keiner Weise bestätigen. Man fand vielmehr bei Normal- und Übersichtigen gleich zahlreiche Fälle von niedriger Augenhöhle, wie man bei Kurzsichtigen hohe Augenhöhlen nachwies.

Endlich kamen eine ganze Reihe von Kindern zur Beobachtung, bei denen bald nach der Geburt oder doch vor Beginn der Schulzeit mehr oder weniger hochgradige Kurzsichtigkeit festgestellt wurde, also zu einer Zeit, da eigentliche Naharbeit noch nicht geleistet worden war. Für diese Fälle ließ man teilweise eine gewisse Heredität gelten. Wie aber wollte man später im Einzelfalle diese hereditäre Kurzsichtigkeit von der sogenannten Schul- und Arbeitskurzsichtigkeit mit Sicherheit trennen? Das mußte, gäbe es zwei verschiedene Arten von Kurzsichtigkeit, oft gänzlich unmöglich werden.

Konnte man also mit keiner der genannten Theorien die Entstehung der Kurzsichtigkeit restlos erklären, so hielt man an der Schädlichkeit der Schularbeiten für das Auge doch unentwegt weiter fest. Nun war es nicht mehr so sehr das Lesen und Schreiben, das die Kurzsichtigkeit bedingen sollte, als vielmehr die gänzlich unhygienischen Einrichtungen der Schulen, wie schlechte, unzureichende Beleuchtungsverhältnisse, unzweckmäßige, in keiner Weise körpergerechte Tische und Bänke; dadurch sollte ebenso sehr wie durch die vorgeschriebene Schrägschrift, die für das Auge besonders schädliche schiefe Kopf- und Körperhaltung als auch das nahe Herangehen an die Schrift veranlaßt werden. Doch auch in den modernsten Schulen, die allen nur erdenklichen hygienischen Ansprüchen gerecht wurden, nahm die Zahl der Kurzsichtigen nicht ab. Und da sollte dann nicht so sehr das Lesen und Schreiben in der Schule, sondern vor allem das übermäßige stundenlang hintereinander fortgesetzte Lesen und Schreiben zu Hause bei unzureichender Beleuchtung und schlechter Körperhaltung die Myopie erzeugen. Damit war nicht recht in Einklang zu bringen, daß Kinder, die in den glänzendsten häuslichen Verhältnissen lebten und sich nur wenig mit Naharbeiten beschäftigten, kurzsichtig wurden, während andere, die Nächte hindurch bei kümmerlichster Beleuchtung lasen, normalsichtig blieben? Bei sonst normalen Verhältnissen ließ sich demnach durch die Schule oder die Naharbeit allein die Entstehung der Kurzsichtigkeit nicht erklären. Es mußte noch irgendein anderer Faktor, irgendein begünstigendes Moment gefunden werden. Als

solches nahm man eine angeborene Schwäche und geringe Widerstandskraft der Lederhaut in der Gegend des hinteren Augenpoles an, die man als individuellé Disposition bezeichnete. Nur wachsenden Augen mit dieser Disposition sollte die Schul- und Naharbeit schädlich werden. Nur hier sollte sie gewissermaßen als eine Art Anpassung an die Arbeit Kurzsichtigkeit hervorrufen, weshalb man letztere ja geradezu als Schul- und Arbeitsmyopie (Kurzsichtigkeit) bezeichnete. Nehmen wir einmal diese angeborene Schwäche und geringe Widerstandsfähigkeit der Lederhaut in der Gegend des hinteren Augenpoles als notwendig für die Verlängerung des hinteren Augapfelabschnittes, mithin für die Entwicklung der Kurzsichtigkeit an, so heißt das nichts anderes als auch hier einen Erblichkeitsfaktor für letztere supponieren. Denn diese angeborene Schwäche und geringe Widerstandskraft der Lederhaut kann doch nur, wenn sie nicht ausnahmsweise durch Krankheit oder Entzündungen entstanden ist, von den Vorfahren ererbt sein. Nur die durch Vererbung Disponierten würden nach obiger Theorie bei angestrenzter langdauernder Naharbeit unter ungünstigen äußeren Verhältnissen Kurzsichtigkeit erwerben können.

Es würde zu weit führen, auf die sonst noch aufgestellten, mehr oder weniger geistreichen Theorien über die Entstehung der Kurzsichtigkeit hier einzugehen. Ihnen hatten die gleichen Mängel an, wie sie soeben kurz von mir angedeutet worden sind. Viel Mühe, Arbeit und Scharfsinn sind zur Aufdeckung der feineren Vorgänge, die bei der Entwicklung der Kurzsichtigkeit am Werke sind, aufgewendet worden, ohne jedoch eine völlige und eindeutige Lösung zu bringen. Trotzdem hielt man bis vor kurzem und hält man zum Teil noch heute daran fest, daß Schul- und Naharbeiten an der Entstehung der Kurzsichtigkeit einen erheblichen, wenn nicht den hauptsächlichsten Anteil haben.

Ein Wandel in diesen Anschauungen bahnt sich neuerdings an, seitdem uns das Lebenswerk *Steigers* in seinem klassischen Buch: „Die Entstehung der sphärischen Refraktionen des menschlichen Auges“ vorliegt. *Steiger* kam auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse an fast 50 000 Schulkindern und soweit als möglich auch deren Angehörigen zu der Überzeugung, daß alle bisherigen Theorien über die Entwicklung der Schul- und Arbeitskurzsichtigkeit auf sehr schwankendem Boden aufgebaut waren und ernster Kritik in keiner Weise standzuhalten vermochten. Er wies als erster sehr beweiskräftig darauf hin, daß das Problem der Kurzsichtigkeit nie und nimmer eindeutig und allgemein gültig gelöst werden könnte, wenn wir die Kurzsichtigkeit aus dem Rahmen der Gesamtbrechungsverhältnisse des Auges herausnehmen und als besondere Anomalie für sich betrachten, so sehr man auch in mancher Beziehung der Kurzsichtig-

keit eine Sonderstellung zubilligen mag. Nur durch Betrachtung der Kurzsichtigkeit als Teilerscheinung der Gesamtrefraktionen des Auges sei das Problem der Myopieentwicklung mit Erfolg anzugreifen und zu klären. *Steiger* brachte dank seinen umfassenden biologischen Kenntnissen in die Beurteilung dieser Frage ganz neue Gesichtspunkte. Zunächst wies er darauf hin, daß das, was *Donders* in physiologisch-optischem und physikalischem Sinne als Normalsichtigkeit definiert hatte, durchaus nicht der Norm zu entsprechen brauchte und in der Tat auch nicht entsprach. Denn für die Festlegung der Norm irgendeines Merkmales darf man nicht physikalische, sondern nur biologische Maßstäbe zugrunde legen. Im biologischen Sinne aber ist das als Norm zu deuten, was sich bei der größten Zahl von Individuen findet und funktionell allen gewöhnlichen Ansprüchen des Lebens gewachsen ist. Frühere Statistiken hatten nun tatsächlich auch schon ergeben, daß Normalsichtigkeit im strengen Sinne und nach der Definition von *Donders* nur bei einer ganz verschwindend kleinen Anzahl von Menschen vorhanden ist. Trotzdem hielt man, so widersinnig das auch scheint, an der *Donderschen* Definition der Normalsichtigkeit als an der zu fordernden Norm fest. *Steiger* konnte nun weiter zeigen, daß die Refraktionen des menschlichen Auges genau so wie andere menschliche und tierische Merkmale eine ausgesprochene biologische Kurve, und zwar mit einem Kulminationspunkt über Normalsichtigkeit, schwacher Übersichtigkeit und Kurzsichtigkeit aufweisen. Zur Norm waren mithin neben der sogenannten Emmetropie auch geringe Grade von Myopie und Hyperopie hinzuzurechnen. Ähnlich war man bezüglich der Körpergröße schon längst verfahren. Hier würde es niemand einfallen, eine bestimmte Größe — so z. B. 1,70 m — als normal zu bezeichnen, alles andere aber, was nur um wenigens darüber oder darunter wäre, schon als pathologisch. Ferner wies *Steiger* darauf hin, daß die Untersuchungen über die Refraktionen der Neugeborenen schon erhebliche Unterschiede in den Brechungsverhältnissen der Augen hatten auffinden lassen. Nach anderen biologischen Erfahrungen mußte man eher mit einer Zunahme als mit einer Abnahme dieser Differenz in weiterem Wachstum rechnen. Keineswegs aber durfte man erwarten, daß sich später diese Differenz in der Refraktion der Augen bei allen Menschen zur Normalsichtigkeit (Emmetropie) ausgleichen würde. Wir rechnen ja auch nicht mit gleich großen oder starken, erwachsenen Menschen.

Niemals hat man daran gedacht, ein übersichtiges Auge als krank zu bezeichnen. Warum soll nun ein kurzsichtiges Auge, das physiologisch-optisch zwar zu lang gebaut ist, gleich ein krankhaft verlängertes sein? Es liegt doch viel näher, in der Variabilitätskurve der menschlichen Refraktionen die Kurzsichtigkeit als den einen

(myopischen) Schenkel anzusehen, während der andere von der Hypermetropie gebildet wird. Aber nicht nur die Refraktion als ganzes, sondern auch die einzelnen, sie zusammensetzenden optischen Konstanten zeigen in ähnlicher Weise eine Variabilität. Allerdings ist im großen und ganzen zwischen ihnen eine gewisse Korrelation vorhanden. So wird mit einer großen Längsachse sich im allgemeinen nicht eine abnorm flach gekrümmte Hornhaut verbinden und umgekehrt. Die einzelnen optischen Konstanten können aber gelegentlich aus ihrer Korrelation gelöst und somit getrennt vererbt werden. Es kann also ein kurzsichtiges Auge unter Umständen kürzer gebaut sein als ein normal- und übersichtiges.

Sehen wir bei den Kindern übersichtiger Eltern ebenfalls Übersichtigkeit auftreten, so nimmt man allgemein eine Vererbung dieses Refraktionszustandes an. Warum aber eine solche Vererbung ableugnen, wenn sich das Auge statt zur Übersichtigkeit oder Normalsichtigkeit zur Kurzsichtigkeit entwickelt, zumal dann, wenn bei den Ascendenten, unter denen die kollateralen Verwandten (Seitenzweige) voll berücksichtigt werden müssen, Kurzsichtigkeit sich nachweisen läßt? Damit ist selbstverständlich nicht gesagt, daß in jedem Falle, wo bei einem der Eltern Kurzsichtigkeit vorhanden ist, nun auch bei den Kindern unbedingt diese sich wieder einstellen muß. Wie wir oben gesehen haben, können die einzelnen optischen Konstanten getrennt vererbt werden. Es kann also jemand vom kurzsichtigen Vater den Langbau des Auges, von der Mutter eine sehr flach gekrümmte Hornhaut erben, woraus dann schwache Übersichtigkeit oder Normalsichtigkeit resultieren könnte. Daß die Hornhautkrümmung in hohem Grade der Vererbung unterliegt, hat Steiger an vielen Tausenden von Hornhautmessungen nachweisen können. Dabei fand er, daß z. B. beim Hornhautastigmatismus (Stabsichtigkeit [eine Art der Hornhautkrümmung, die dadurch von der kugelförmigen abweicht, daß die Strahlenbüschel nur in einem Meridian der Hornhaut zu einem Punkt auf der Netzhaut vereinigt werden]) nicht nur der Grad, sondern sogar auch die Achse häufig fast unverändert vererbt werden. Wie die Hornhaut, so muß nach allen biologischen Erfahrungen auch die Längsachse des Auges den Vererbungsgesetzen unterliegen. Wir werden also zur Erklärung der Entstehung der Kurzsichtigkeit die Schul- und Naharbeit, deren Wirkungsart so oft ganz unerklärlich ist, völlig unberücksichtigt lassen können. Sehen wir die Refraktionszustände des Auges als biologische Merkmale an, dann verstehen wir auch vieles, was uns bis dahin völlig unerklärlich bleiben mußte. In ähnlicher Weise wie beim Körperwachstum macht auch das Längenwachstum des Auges bei der Kurzsichtigkeit zu gewissen Zeiten, so namentlich zur Zeit der Pubertät, besondere Fortschritte, während es zu anderen Zeiten fast vollkommen zum Still-

stand kommt, ohne daß etwa zu dieser Zeit weniger in der Nähe gearbeitet würde, oder zu jener besonders viel gelesen worden wäre. Nur so läßt es sich zwanglos verstehen, warum in gewissen Familien bei den verschiedenen Gliedern der auf- und absteigenden Generationen sich mehr oder weniger zahlreiche Kurzsichtige finden, obgleich sie den verschiedensten Beschäftigungen nachgingen, also in durchaus ungleichem Maße den angeblich so schädlichen Naharbeiten oblagen. Wenn die Kurzsichtigkeit auch ohne erbliche Faktoren entstehen könnte, so z. B. durch die schon wiederholt erwähnten Naharbeiten, dann müßten die betreffenden Kurzsichtigen gleiche auslösende oder besser kausale Beschäftigungen im selben Umfange verrichtet haben. Kehrt jedoch ein biologisches Merkmal, in unserem Fall die Kurzsichtigkeit, in verschiedenen Generationen regelmäßig wieder, und zwar auf Grund innerer Ursachen, auf Grund des Vorhandenseins des gleichen Erbfaktors, trotz der verschiedensten äußeren Verhältnisse, stellt sich mit anderen Worten die Kurzsichtigkeit auch trotz Abstellung aller jener Schädlichkeiten ein, die man für ihre Entstehung verantwortlich gemacht hat, während sie bei anderen, die unter den ungünstigsten äußeren Umständen die so oft angeschuldigten schädlichen Naharbeiten verrichten, ausbleibt, so darf man wohl mit Fug und Recht von der Vererbung eines solchen Merkmals, eben der Kurzsichtigkeit sprechen. Nun begreift man auch, warum die Kurzsichtigkeit mit dem Abschluß des Körperwachstums zum Stillstand kommt. Betrachtet man die Kurzsichtigkeit nicht als eine erworbene Krankheit, sondern als das, was sie in der Tat ist, als eine der Vererbung unterliegende Anomalie, so läßt sich ohne Schwierigkeit die Tatsache deuten, daß die Kurzsichtigkeit in gleich hoher Zahl wie beim männlichen so auch beim weiblichen Geschlecht angetroffen wird, obgleich letzteres nach der Schulentlassung doch wesentlich weniger mit Naharbeiten sich beschäftigt.

Zur Stützung der Lehre von der Entstehung der Kurzsichtigkeit durch Lesen und Schreiben wurde immer wieder auf das Mißverhältnis zwischen der Zahl der Kurzsichtigen auf den höheren Schulen und in den Volksschulen hingewiesen. Nun hebt Steiger mit einem gewissen Recht hervor, daß die Schüler der Gymnasien eben vielfach aus Familien stammen, wo Kurzsichtigkeit sozusagen schon zu Hause war. Soweit aber die Schüler der oberen Gymnasialklassen zum Vergleich herangezogen worden sind, müßten in Hinsicht der ganz unzulänglichen statistischen Untersuchungen zuvor erst einmal mindestens 100 Schüler der gleichen Alters- und Klassenstufe untersucht sein, um daraus vergleichbare Schlüsse ziehen zu können. Ferner müßten bei einer gleich großen Anzahl gleichaltiger, ehemaliger Volksschüler unter objektiv völlig gleichen Bedingungen die Refraktionen festgelegt werden. So

würde man wahrscheinlich ein wesentlich anderes Resultat erhalten.

Wenn ferner gewisse Berufe, so z. B. der der Buchdrucker, eine auffallend hohe Zahl von Kurzsichtigen aufweisen, dann liegt das nach *Steiger* nicht daran, daß die dort zu leistenden Naharbeiten ähnlich wie die Schularbeiten die Kurzsichtigkeit, wie man bisher irrümlich annahm, erst verursachen, sondern diese Berufe werden mit Vorliebe von solchen ergriffen, die eben wegen ihrer Kurzsichtigkeit sich ganz besonders dafür eignen. Dann aber wählen die Kinder erfahrungsgemäß oft den Beruf des Vaters. So häuft sich in gewissen Berufen und Industriezweigen die Zahl der Kurzsichtigen nicht infolge der dort zu verrichtenden Arbeiten, sondern als Ausdruck von Vererbung und ferner einer ganz besonderen Eignung gerade der Kurzsichtigen für diese speziellen Arbeiten.

Nur durch Vererbung läßt sich auch das sonst schwer zu deutende gehäufte Auftreten aller Grade von Kurzsichtigkeit in manchen Gegenden erklären. So berichtet *Steiger*, daß sich auf Sizilien besonders viel Kurzsichtigkeit findet, und zwar hauptsächlich in der unteren Bevölkerung, die oft des Lesens und Schreibens gar nicht mächtig ist. *Steiger* nimmt hier eine gewisse Inzucht an. Diese aber konnte dann besonders eine stärkere Häufung von Kurzsichtigen zur Folge haben, wenn letztere schon in einer gewissen Anzahl vorhanden waren. Sizilien war nun im Altertum ein Kulturzentrum, dort aber kommt es, wie wir später sehen werden, eher als anderswo zu einer Erhaltung und Vermehrung der Kurzsichtigen.

Meyerhof hat unter der einheimischen niederen Bevölkerung Ägyptens, die sich fast ausnahmslos aus Analphabeten zusammensetzt, außerordentlich viel Kurzsichtigkeit angetroffen, die er sich nur schwer erklären kann, da die Naharbeit als Ursache für ihre Entwicklung nicht in Frage kommen konnte.

Im Kriege hatte ich Gelegenheit, ein österreichisches Rekrutendepot, das fast ausschließlich aus galizischen Polen bestand, zu untersuchen. Unter diesen waren ganz auffallend zahlreiche Kurzsichtige aller Grade. Diese Leute, die zum größten Teil keinerlei Schule besucht hatten und weder lesen noch schreiben konnten, waren fast durchweg Landarbeiter. Auch hier war die Kurzsichtigkeit mangels einer der sonst angeschuldigten Ursachen (langdauernde Naharbeiten kamen nicht in Frage) wohl kaum anders als durch Vererbung zu erklären. Die Polen weisen im allgemeinen einen ungewöhnlich großen Kinderreichtum und dementsprechend eine verhältnismäßig starke Variabilität in den Refraktionsverhältnissen auf. Ferner wird in manchen Gegenden Polens wegen der weit auseinander gelegenen Dörfer und der schlechten Verkehrsverhältnisse Inzucht in mehr oder minder hohem Grade getrieben. Inzucht begünstigt

aber das Herausmendeln von rezessiven Typen. Wie wir später noch sehen werden, halte ich die Kurzsichtigkeit für eine rezessive Anomalie. Durch Inzucht möchte ich auch das stärkere Auftreten von Kurzsichtigkeit bei der jüdischen Rasse erklären.

Wertvolle Fingerzeige hätten die Refraktionsbefunde bei den Tieren für die Beurteilung der menschlichen Myopie abgeben können, hätte man hierfür mehr allgemein biologische, naturwissenschaftliche Anschauungen walten lassen. Naturgemäß liegen über Tierrefraktionen nicht so umfangreiche statistische Untersuchungen wie beim Menschen vor. Soviel weiß man aber jetzt, daß auch die Refraktion der Tiere ebenfalls eine biologische Kurve zeigt, wenn vielleicht auch mit etwas niedrigerem Kulminationspunkt und weniger ausgedehnten Schenkeln. Kaninchen sollen z. B. verhältnismäßig häufig kurzsichtig sein. Auch von den Pferden ist es schon seit längerer Zeit bekannt, daß sie gar nicht selten und manchmal in recht erheblichem Grade kurzsichtig sind. Neuerdings hat *Sörensen* bei 400 Pferden der verschiedensten Rassen sowohl mit der Schattenprobe (skiaskopisch) als auch im aufrechten Bild die Refraktion festgestellt und dabei in 32 % Kurzsichtigkeit von $-0,5$ bis $-5,5$ Dioptrien gefunden. In Wirklichkeit ist der Prozentsatz kurzsichtiger Refraktion wohl geringer, da ja nach dem, was wir oben ausgeführt haben, sowohl die geringen Grade von Kurzsichtigkeit wie Übersichtigkeit noch zur normalen Refraktion hinzuzurechnen sind. Bei einem Teil dieser kurzsichtigen Pferde wurden am Augenhintergrund neben der Sehnervenscheibe ganz ähnliche geschrumpfte Aderhautsicheln (Coni) wie beim Menschen wahrgenommen.

Verschiedentlich ist ferner bei Affen Kurzsichtigkeit beobachtet worden. In jüngster Zeit hat *Behr* bei 25 Affen den Refraktionszustand bestimmt und viermal Kurzsichtigkeit von $-3,5$ bis $-10,0$ Dioptrien angetroffen. Wenn man aus dieser unzulänglichen Zahl von untersuchten Tieren schon allgemeine Schlußfolgerungen ableiten dürfte, dann würden etwa 16 % aller Affen kurzsichtig sein. Nach *Behr* haben einzelne Affenrassen anscheinend eine stärkere Disposition zur Kurzsichtigkeit. Ähnliches will man übrigens auch bei Pferden beobachtet haben, von denen die kaltblütigen Rassen mehr zur Kurzsichtigkeit neigen sollen als die edleren.

Der Franzose *Motais*, im Banne der zeitweilig allgemein anerkannten Theorie von der Bedeutung der Naharbeit für die Entstehung der Kurzsichtigkeit, verfiel auf den eigenartigen Gedanken, die bei Haustieren und in der Gefangenschaft lebenden Tieren schon verschiedentlich festgestellte Kurzsichtigkeit dadurch zu erklären, daß sie im Gegensatz zu den frei lebenden und wilden Tieren ihre Augen mehr für die Nähe einstellen und dadurch kurzsichtig werden. Die

frei lebenden und wilden Tiere aber sollten normalsichtig und in geringem Grade übersichtig sein, mit welchem Grund, ist schwer einzusehen, da umfangreichere Refraktionsuntersuchungen nicht vorlagen.

War durch die umfangreichen Untersuchungen *Steigers* überzeugend dargetan worden, daß die Refraktionszustände des menschlichen Auges einschließlich der Kurzsichtigkeit ein erbliches Merkmal darstellen, so hat sich dieser verdienstvolle Autor über den näheren Erbgang bei der Kurzsichtigkeit nicht geäußert. Ist aber letztere tatsächlich ein erbliches Leiden, dann mußte versucht werden, eine bestimmte Erbregel aufzudecken. Konnte für die Myopie in einem bestimmten Fall nachgewiesen werden, daß sie sich genau nach den Mendelschen Regeln der Vererbung fortpflanzt, so war damit auch erwiesen, daß sie für einen Teil der Fälle oder alle Fälle als eine vererbare Anomalie aufzufassen war. Im Laufe der letzten Jahre habe ich viele Hundert von Myopiestammbäumen und Ahnentafeln angelegt, aus denen mit allen für menschliche Verhältnisse gebotenen Vorbehalten und Einschränkungen der zwingende Schluß gezogen werden mußte, daß die menschliche Myopie als rezessives Leiden aufzufassen ist. Auf die Schwierigkeiten menschlicher Erblichkeitsforschungen sei hier nur kurz hingewiesen, ein näheres Eingehen verbietet sich im Rahmen dieses Aufsatzes. Selbstverständlich ist es vollkommen unmöglich, in jedem einzelnen Fall von Kurzsichtigkeit beim Menschen eine restlose Übereinstimmung mit den nach *Mendel* errechneten Zahlen zu erhalten. Dazu würde es reinerer Linien bedürfen, als sie die menschliche Population darstellt. Ist die Kurzsichtigkeit ein rezessives Leiden, so müssen bei der durchschnittlich vorhandenen Zahl von Kurzsichtigen recht viele Menschen dieses Merkmal latent enthalten. Und das dürfte tatsächlich so sein, denn nach einer einfachen Rechnung würden bei der Ehe eines kurzsichtigen Individuums mit einem gesunden, das heißt normalsichtigen, auch dann, wenn stets ein Normalsichtiger einheiraten würde und aus jeder Ehe 4 Kinder hervorgehen, unter den 256 Individuen der vierten Filialgeneration sich schon 32 Personen finden, die äußerlich normalsichtig, aber doch mit dem latenten rezessiven Erbfaktor für Kurzsichtigkeit behaftet sind. Und bei der Heirat einer solchen Person mit einem Kurzsichtigen oder latent Kurzsichtigen würde sich sofort dieses latente Merkmal wirksam zeigen.

In allerjüngster Zeit hat *Jablonski* in wertvollen Untersuchungen an eineiigen Zwillingen nachgewiesen, daß die physiologische, d. h. die durch äußere Faktoren bestimmte Modifikationsbreite der Refraktion für die Gesamtrefraktion des Auges etwa zwei Dioptrien beträgt, eine Feststellung, die für die erbbiologischen Unter-

suchungen über Refraktionen außerordentlich wichtig ist. Wegen dieser verhältnismäßig schmalen Modifikationsbreite ergibt sich also die Vererbung als ausschlaggebendes Moment für die Refraktionen des menschlichen Auges. In weiteren Refraktionsforschungen konnte *Jablonski* mit Hilfe der Weinbergischen Reduktions- und Geschwistermethoden als ziemlich sicher ausmachen, daß sich die Myopie als monohybrides, rezessives Leiden gemäß den Mendelschen Regeln vererbt.

Was bisher immer recht schwer zu deuten war, sind die an kurzsichtigen Augen besonders höhergradiger Art um die Sehnerveneintrittsstelle sowie am hinteren Augenpol vorkommenden, im Laufe der Jahre zunehmenden Schrumpfungerscheinungen in Netz- und Aderhaut. Bis jetzt wollte man diese Veränderungen durch die mit der Einwärtswendung beim Naheblick angeblich einhergehenden Dehnungen und Zerrungen am hinteren Augenpol erklären. Nun hat man aber, wie bereits erwähnt wurde, ähnliche Veränderungen am Sehnerveneintritt auch bei kurzsichtigen Pferdeaugen beobachtet. Wegen der Lage der letzteren am Kopfe kommen Einwärtswendungen in einem den menschlichen vergleichbarem Sinne nicht vor. Diese Verdünnungen der Netzhaut-Aderhaut bleiben auch bei menschlicher einseitiger Kurzsichtigkeit selbst dann nicht aus, wenn das kurzsichtige Auge sich in extremer Schielstellung befindet, also die angeblich schädlichen Einwärtsbewegungen beim Naheblick gar nicht mitmacht. Es müssen hier demnach Kräfte am Werke sein, die völlig unabhängig von der Konvergenz wirken. Ferner zeigt sich diese Schrumpfungszone in gewissen Fällen von Kurzsichtigkeit nicht wie gewöhnlich in der schläfenwärts von der Sehnerveneintrittsstelle gelegenen Zone, wo man sich eine Zerrung und Dehnung bei der Konvergenz noch am leichtesten vorstellen kann, sondern fast rein beschränkt auf die nasenwärts gelegene Partie. Nach älteren Untersuchungen *Elschnigs* und neueren *A. v. Szilys* kommen für die sekundären Dehnungerscheinungen in der Aderhaut sowohl direkte Abhängigkeiten von der primären (vom Ektoderm abstammenden) Augenanlage als auch selbständige Entwicklungsfaktoren von seiten des betroffenen bindegewebigen Abschnittes in Frage. Die Bildung der Schrumpfungssichel (Conus) ist schon in die Entstehungszeit des Auges zu verlegen; damit ist nun natürlich keineswegs ausgeschlossen, daß diese Sichel sich erst in späteren Jahren der Entwicklung und auch noch danach vollständig ausbildet. Keine mechanischen und dynamischen Entstehungsursachen liegen hier vor, sondern durch Bildungsanomalien beeinflusste Wachstumsvorgänge. Mit anderen Worten, die in kurzsichtigen Augen auftretenden Aderhautschrumpfungen stellen keine krankhaft erworbenen Veränderungen dar, sind vielmehr das Resultat ererbter Anlagen, mithin ein ontogeneti-

scher Prozeß, vorausbestimmt durch phylogenetische Vorgänge und Einflüsse. In solchen Fällen aber muß die Veränderung in der Aderhaut aus inneren Ursachen heraus sich einstellen, ganz gleichgültig, ob das Auge zum Nahesehen herangezogen wird oder nicht. Daß diese infolge eines ererbten Bildungstriebes auftretenden Aderhautschrumpfungen normalen oder gar ungewöhnlichen Anforderungen, die das Leben an das Auge stellt, gelegentlich nicht völlig gewachsen sind und mit zunehmendem Alter noch weitere krankhafte Veränderungen eingehen, läßt sich mit der obigen Annahme des sichelförmigen Aderhautschwundes als einer ererbten Bildungsanomalie durchaus vereinigen, auch läßt sich damit noch am ungezwungensten die Sichelbildung bei Neugeborenen erklären.

Zwar liegen über die Refraktionsverhältnisse bei den Naturvölkern noch nicht völlig hinreichende statistische Massenuntersuchungen vor, um daraus allgemein gültige Schlüsse abzuleiten; immerhin scheint doch soviel festzustehen, daß die Kulturvölker etwas mehr Kurzsichtige aufweisen als die Naturvölker. Allein daraus darf man keineswegs folgern, daß nun die mit der höheren Kulturstufe zunehmende Naharbeit und die damit einhergehende stärkere Inanspruchnahme der Augen für die Nähe die Kurzsichtigkeit gewissermaßen als Anpassungserscheinung erst hervorgerufen habe. *Steiger* bemüht sich auch hier, allerdings nicht immer völlig überzeugend, Erklärungsversuche zu bringen. Seine Beweisführung ist etwa wie folgt. Bei den Naturvölkern haben normalsichtige oder schwach übersichtige Augen vor den kurzsichtigen entschieden einen Selektionswert. Kurzsichtige werden also in mehr oder minder ausgesprochenem Grade im Laufe der Zeit ausgeremert werden. Mit zunehmender Kultur werden die Augen mehr und mehr für die Nähe zum Lesen und Schreiben benutzt. Kurzsichtige Augen werden also in vieler Beziehung einen Vorteil bringen, sie, die früher einen Eliminationswert darstellten, erhalten nunmehr einen Selektionswert. Ferner unterliegen höhergradige Kurzsichtige kaum oder viel weniger als Normalsichtige der Eliminierung im Kriege, können also auch dann ihre Kurzsichtigkeit ungehindert fortpflanzen. Im Laufe der Jahrtausende mag das sicherlich nicht ohne Einfluß gewesen sein.

Bei den Kulturvölkern zeigen die Refraktionskurven ein Überwiegen des kurzsichtigen Schenkels. Ob ähnliches auch bei den unzivilisierten Völkern sich findet, läßt sich zurzeit mit Sicherheit noch nicht entscheiden. Sicher ist aber, daß bei den zivilisierten Nationen die Refraktion eine Verschiebung nach der kurzsichtigen Seite hin aufweist. Ob es sich hier um eine fortschreitende Entwicklung, eine Vervollkommnung oder Anpassung handelt, müssen weitere Beobachtungen lehren. Einstweilen heißt es Tatsachen sammeln, aus denen sich später vielleicht eine Klärung der Frage ergeben mag. So gesichert die Tatsache der

Evolution ist, so wenig wissen wir vorläufig über ihre näheren Vorgänge wie über ihre Ursachen. *Steiger* ergeht sich zur Klärung der obigen Frage in zum Teil noch recht spekulativen Betrachtungen, denen vorläufig noch jede Beweiskraft abgeht. Sie mögen deshalb hier übergangen sein.

Das Ergebnis der neuesten Forschungen auf dem Gebiete der Kurzsichtigkeit läßt sich etwa folgendermaßen zusammenfassen. Die bisherige Anschauung von der Entstehung der Kurzsichtigkeit durch Naharbeit ist nicht mehr länger aufrecht zu erhalten. Die Bedeutung der Vererbung für die Entwicklung der Kurzsichtigkeit findet immer mehr Anerkennung. Die Kurzsichtigkeit folgt in ihrem Erbgang den Mendelschen Regeln und stellt ein rezessives Leiden dar. Es ist hinfort nicht mehr angängig, die Schule für die Entstehung der Kurzsichtigkeit, an der sie völlig unschuldig ist, verantwortlich zu machen. Der Begriff der Schul- und Arbeitskurzsichtigkeit muß aufgegeben werden.

Wenn ein bekannter deutscher Augenarzt vor längeren Jahren den Ausspruch tat: „Wir können uns ruhig noch Jahrtausende mit Naharbeit beschäftigen und demgemäß 50 und mehr Prozent Myopie erwerben. Die erste Generation, die wieder in der Kindheit ihre Augen mehr für die Ferne einstellt, würde sofort wieder normale Refraktion haben“, so möchte ich dem gegenüber die Behauptung aufstellen, wir können uns ruhig noch Jahrtausende mit Naharbeit beschäftigen und werden trotzdem keine 50 und mehr Prozent Kurzsichtigkeit erwerben. Die erste Generation, die wieder in der Kindheit ihre Augen mehr für die Ferne einstellt, wird im Verhältnis genau die gleiche Anzahl von Kurzsichtigen aufweisen, wie die frühere. Denn wer von seinen Vorfahren keine erbliche Anlage für Kurzsichtigkeit empfangen hat, mag noch so viel und unter den ungünstigsten hygienischen Umständen lesen und schreiben oder sonstige Naharbeiten verrichten, er wird trotzdem keine Kurzsichtigkeit erwerben. Wer jedoch die entsprechende Anlage in wirksamer Kombination ererbt hat, wird mit und ohne Naharbeit kurzsichtig werden.

Selbstverständlich ist auch durch die Vererbungswissenschaft das ganze große komplizierte Problem der Entstehung der Kurzsichtigkeit noch nicht restlos aufgedeckt, insonderheit wissen wir über die feineren Vorgänge beim Wachstum des kurzsichtigen Auges noch sehr wenig oder fast so gut wie nichts. Auch hier wird es für die nächsten Jahre heißen, unverdrossen weiter zu arbeiten und neues Tatsachenmaterial heranzuschaffen.

Zum Schluß noch einige wenige Worte zur Behandlung der Kurzsichtigkeit. Um Kurzsichtigen für die Ferne volle Sehschärfe zu verschaffen und für die Nähe das Sehen in den üblichen Entfernungen zu ermöglichen, wird man sie voll auskorrigieren. Da, wie wir oben erfahren haben, die

Kurzsichtigkeit besonders in den Entwicklungsjahren Fortschritte zu machen pflügt, so sind Kurzsichtige bis zum Abschluß der Wachstumsperiode unter sorgfältige ärztliche Beobachtung zu stellen. Daneben wird man ihnen naturgemäß alle Vorteile modernster Schulhygiene angedeihen

lassen. Dann aber können auch Kurzsichtige alle üblichen Schul- und Naharbeiten ohne Schaden für ihr Sehorgan verrichten. Kurzsichtigkeit von mehr als 10,0 Dioptrien ist hiervon auszunehmen, diese Fälle sind individuell zu beurteilen.

Besprechungen.

Boeke, H. E., und W. Eitel, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. Zweite Auflage. Berlin, Gebrüder Bornträger, 1923. XI, 589 S., 277 Textfiguren und 5 Tafeln. Preis Gz. 27.

Es gibt gewisse Bücher, die repräsentativ für eine ganze neuere Forschungsrichtung und Forschungsepoche sind, die dem Forscher auf Nachbargebieten, wenn er sie zu Gesicht bekommt, plötzlich zeigen, wie sehr sich die betreffende Wissenschaft verändert hat seit der Zeit, da er sie als Hilfswissenschaft für seine Zwecke studierte. Das sind meistens bei Beginn ihres Erscheinens keine leicht lesbaren Bücher, sie bereiten selbst der früheren Generation angehörigen Fachleuten gewisse Schwierigkeiten. Sie werden indessen bald zu Standardwerken, deren Inhalt zum selbstverständlichen Wissensinventar der neu dem Forschungsgebiet sich zuwendenden Jungmannschaft gehört.

Ein solches Buch war das leider zu früh verstorbene *H. E. Boeke*: „Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie“, erschienen in 1. Auflage 1915. In *W. Eitel* hat dieses Werk den denkbar geeignetsten Neubearbeiter gefunden. Die sehr große Zahl neuer Untersuchungen seit 1915 ist gewissenhaft verarbeitet worden. So liegt in der zweiten Auflage eine Darstellung der physikalisch-chemischen Grundlagen der Mineral- und Gesteinslagerstättenlehre vor, wie sie auch nur angenähert nicht ein zweites Mal in der Literatur existiert.

Das Buch enthält in seltener Vollständigkeit all das, was an physikalisch-chemischem Tatsachenmaterial jeder wissen und beherrschen muß, der sich mit Fragen der Mineralogenese und Petrogenese abgibt. Und durch seine außerordentlich reichhaltigen und zuverlässigen Literaturangaben ermöglicht es den Zugang zu der weiterstreuten Originalabhandlungen. Von Anfang an redet dieses Buch in der Sprache der physikalischen Chemie zu uns, denn es enthält (der etwas unglückliche Titel wurde aus der 1. Auflage einfach übernommen) nicht die Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie, sondern die physikalisch-chemischen Erkenntnisse, die dem Mineralogen und Petrographen erst gestatten, an die komplizierten Fragen der Erdrindenbildung heranzutreten.

Diese Art der Stoffvermittlung mag den auf reine Feld- und Naturbeobachtung eingestellten Forschern gewisse Schwierigkeiten bereiten, um so mehr als (in der 2. Auflage allerdings bedeutend weniger als in der ersten) eine leider heute nur zu verbreitete Unterschätzung der Naturbeobachtung nicht ganz geleugnet werden darf. Dem Referenten scheint indessen das erstere gerade ein Vorzug zu sein. Ein Kompromiß ist hier unmöglich. Wer Erkenntnisse aus Nachbargebieten verwenden will, der muß sie auch von Grund aus verstehen, in der Fassung, die sich dort als die zweckmäßigste ergibt. Und Übergriffe, wie sie beim Emporblühen jeder neuen Forschungsrichtung auftreten, lassen sich ja bei einigermaßen kritischer Veranlagung leicht korrigieren.

Das Buch behandelt in sechs Hauptabschnitten physikalisch-chemische Prinzipien, Gesetzmäßigkeiten und experimentelle Befunde, die ein Verständnis der Naturvorgänge ermöglichen. Unter diesen Abschnitten sind es besonders der zweite (Spezieller Teil; Übersicht die magmatisch wichtigen Systeme), dritte (Die magmatische Mineralbildung unter dem Einfluß der flüchtigen Bestandteile) und fünfte (Die Mineralbildung durch Sedimentation), die eine ausgezeichnete, zuverlässige und sorgfältige Übersicht vermitteln. Aber auch der erste, allgemeine Teil zeugt von außergewöhnlicher Sach- und Literaturkenntnis, und die beiden kleineren Abschnitte über die Mineralbildung durch Verwitterung und Metamorphose sind gegenüber der ersten Auflage wesentlich verändert und verbessert worden. Mustergültig ist die Ausstattung mit klar und einfach gezeichneten Diagrammen.

Wenn der Referent sich erinnert, wie er als Student vor nun wenig mehr als einem Dutzend Jahren das, was damals über dieses Forschungsgebiet vorlag, mühsam selbst zusammensuchen mußte, drängt es ihn, den Manien des Verstorbenen *H. E. Boeke*, dem Neubearbeiter *W. Eitel* und dem Verlag zu danken, daß sie durch Herausgabe dieses Werkes den jetzigen Studierenden und allen denen, die sich für die Anwendungen physikalisch-chemischer Untersuchungen auf die Bildungsgeschichte der Mineralien und Gesteine interessieren, die Arbeit so erleichtert haben. Bücher dieser Art anzeigen zu dürfen, ist eine Freude, die uns viel häufiger zuteil werden sollte. *P. Niggli, Zürich.*

Trautz, Max, Lehrbuch der Chemie. Zu eigenem Studium und zu Gebrauch bei Vorlesungen. Zweiter Band: Zustände. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Walter de Gruyter und Co., 1922. XXXIV, 634 S. mit zahlreichen Abbildungen im Text und auf Tafeln und mit Tabellen. 17 × 25 cm. Preis Gz. 20.

Dem ersten Bande des Trautzschen Lehrbuches (Stoffe), der in dieser Zeitschrift (10, 769; 1922) sehr ausführlich besprochen wurde, ist der zweite in verhältnismäßig kurzer Zeit gefolgt. Er trägt den Titel „Zustände“ und enthält einen sehr großen Teil des sonst als physikalische Chemie bezeichneten Wissensgebietes. Da *Trautz* — wie bereits früher betont — das ganze traditionelle Lehrgebäude der Chemie niedergelegt und dafür einen im Plan und Stil völlig neuen Bau errichtet hat, so ist es nicht wohl möglich, den Inhalt dieses Bandes mit den üblichen Gruppenbegriffen wiederzugeben; es scheint daher geboten, die Grundzüge der Gliederung des Bandes in der Trautzschen Ausdrucksweise anzuführen.

Zustände.

I. Molekulare Mittelwertzustände.

A. Die allgemeinen Gesetze der Zustände.

1. Die Zustände ohne Berücksichtigung von Grenzschichten.

a) Gase und kondensierte reine Stoffe.

b) Kondensierte Mischungen (Lösungen).

2. Die Oberflächenschichten.
 - a) Oberflächenkräfte.
 - b) Kolloidchemie.
 - α) Allgemeines Verhalten der Kolloide.
 - β) Darstellende und angewandte Kolloidchemie.
- B. Molekulartheorie der Zustände.
 1. Verhalten der Molekeln als Ganzer (Kinetische Theorie der Gase, Flüssigkeiten und Kristalle).
 2. Einfluß der Atome auf die Eigenschaften der Molekeln (Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften).
- II. Chemische Gleichgewichtszustände.
 - A. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik.
 1. Sein Inhalt.
 2. Anwendungen des zweiten Hauptsatzes.
 - a) Austauschgleichgewichte von Molekeln zwischen zwei Phasen.
 - α) Einstoffsysteme.
 - β) Zweistoffsysteme.
 - b) Austauschgleichgewichte von Molekeln zwischen zwei Atomanordnungen (Chemische Umwandlungen).
 - α) Homogene Systeme.
 - αα) Gleichgewichts-Isotherme.
 - ββ) Temperaturkoeffizient der chemischen Arbeit.
 - γγ) Gleichgewichts-Ischoire.
 - β) Heterogene Systeme.
 - αα) Allgemeine Gesetze der Phasenlehre.
 - ββ) Phasenlehre und darstellende Chemie.
 - B. Der dritte Hauptsatz der Thermodynamik.
 1. Nernsts Theorem.
 2. Thermodynamik der Strahlung.
 - a) Grundbegriffe und Definitionen.
 - b) Anwendung des zweiten Hauptsatzes auf Strahlungsfragen.
 - c) Wahrscheinlichkeitslehre und Strahlung; Quantentheorie.
 - d) Die thermodynamischen Funktionen.

An geeigneten Stellen sind in dies System noch eingereiht Abschnitte über Gasanalyse, Edelgase, Metallographie, Silicatchemie, Seltene Erden, Spektralanalyse, Technische Gasgleichgewichte u. a.

In diesem Bande, wo Trautz nicht so sehr wie im ersten von der widerborstigen Materie eingeengt wird, tritt seine Eigenart noch stärker als dort hervor. Er besitzt eine umfassende Kenntnis der Literatur, die mit Geschick verwertet wird; er findet überraschende Zusammenhänge und versteht es, manche Dinge so vielfarbig und allseitig zu beleuchten, daß sie neue Seiten ihres Wesens offenbaren. Besonders zu schätzen ist aber die Kraft, mit der er die Probleme in ihre Tiefen verfolgt und rücksichtslos zu Ende denkt. Ob Trautz' Ansichten und Entwicklungen überall einer strengen sachlichen Kritik standhalten, mögen bessere Sachverständige entscheiden; der Ernst seines Willens ist nicht zu bezweifeln und wirkt überzeugend. Und trotzdem muß ich auch für diesen zweiten Band die kritischen Bemerkungen, die ich an den ersten anknüpfte, zum großen Teil aufrecht erhalten und von neuem betonen. Die Anordnung des Stoffes ist vielfach erkünstelt und unnatürlich; die Auswahl ist stark subjektiv und allzusehr von der Trautzschen Forschungsrichtung und seinen besonderen Liebhabereien

beeinflusst; der Vortrag entbehrt — besonders an kritischen Stellen — vielfach der für ein Lehrbuch unbedingt erforderlichen Klarheit; er nimmt oft den Stil der Abhandlung an und wird bisweilen sogar polemisch.

Ganz auffällig ist vielerorts die stark abstrakte Darstellung, die sich auf Formeln und Rechnungen beschränkt, ohne zu zeigen, wohin das alles führt. Insbesondere in der Gleichgewichtslehre dürften Beispiele und Messungen einen viel breiteren Raum einnehmen. Die Lehre vom chemischen Gleichgewicht ist doch nicht allein ein Erzeugnis der Thermodynamik, wenn sie in dieser auch ihre sichersten Stützen findet.

Hiernach glaube ich, daß dieser zweite Band des Trautzschen Lehrbuches weniger geeignet ist, jüngere Studierende in die physikalische Chemie einzuführen, als vielmehr den mit den Grundlagen Vertrauten Erweiterung und Vertiefung ihres Wissens zu bringen und zu selbständigem Denken und Forschen anzuregen.

Die äußere Ausstattung des Bandes ist vortrefflich; besonders hervorzuheben wären zwei farbige Tafeln von Polarisationsfarben und Spektren.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Abderhalden, Emil, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. I: Chemische Methoden. Teil 7: Spezielle analytische und synthetische Methoden. Heft 2. Wien, Urban & Schwarzenberg, 1922. 515 S. 18 × 25 cm.

Vor uns liegt der zweite, weit umfangreichere Teil der Abhandlungen über Aminosäuren. Er beschäftigt sich mehr noch als der erste mit der physiologischen Seite dieser Körperklassen. Den Kapiteln, die sich mit dem spezielleren Studium einzelner Verbindungen befassen, werden zwei wichtige analytische Verfahren vorausgeschickt.

D. D. van Slyke schildert an der Hand seiner klug durchdachten, durch mehrere Skizzen erläuterten Apparatur die quantitative Bestimmung des Aminostickstoffs mittels salpetriger Säure. Da sich der größere Apparat im organischen und physiologischen Laboratorium bereits weitgehender Verbreitung erfreut, ist es sehr willkommen, hier auch die Mikromethode erörtert zu finden. Sie ist bei einiger Übung kaum komplizierter zu handhaben und liefert gleichfalls sichere Ergebnisse. Besonders aufmerksam macht der Autor auch auf die Verwendung der Methode bei Proteolysen- und Harnuntersuchungen, die durch das spezifische Verhalten von verschiedenartig gebundenem Stickstoff ermöglicht wird.

An dieses, im Jahre 1909 gefundene, analytische Hilfsmittel reiht R. Willstätter seine neue mit Waldschmidt-Leitz ausgearbeitete alkalimetrische Bestimmung der Aminosäuren, Polypeptide und Peptone. Der amphotere Charakter dieser Verbindungen, die in wässriger Lösung vielleicht ein inneres Ammoniumsalz bilden, ließ bisher nur nach der S. P. L. Sørensen'schen Formoltitration eine volumetrische Bestimmung der Acidität zu. Das Prinzip der Willstätterschen Titration beruht darauf, daß Alkohol in wachsender Konzentration die Hydroxylionen in der Aminosäurelösung zurückdrängt und so die sauren Gruppen zutage treten läßt. Da die Carboxylgruppen der Peptone und Polypeptide bereits bei geringeren Alkoholkonzentrationen freigelegt werden als die der Aminosäuren, hat man es in der Hand, beide nebeneinander zu bestimmen.

Während in den voranstehenden Aufsätzen der Lieferung 54 und 73 dieses Handbuches mehr den Eiweißkörpern und „klassischen“ Aminosäuren die Aufmerksamkeit geschenkt wurde, führt uns M. Gug-

Guggenheim in seiner umfassenden Bearbeitung „biogener Amine“ auf das ebenso interessante, wie vage Gebiet der Extraktivstoffe und Fäulnisprodukte, das schon manchem Mediziner, Physiologen und Chemiker ein weites Arbeitsfeld geboten hat und trotzdem auch heute noch so viele Unklarheiten birgt. Kein Wunder, wo uns die Natur vor ein Wirrsal von Körperklassen gestellt hat, deren einzelne Vertreter sich durch die unangenehmsten Eigenschaften organischer Verbindungen überhaupt auszeichnen. Und doch sind wir in ihrer Erkenntnis schon ein gutes Stück weiter gekommen, dank der umfangreichen und mannigfaltigen Isolierungsmethoden, die von verschiedenen Forschern mit großem Geschick ausgearbeitet sind. Ihre relativ kurze und deshalb übersichtliche Zusammenstellung, die Vor- und Nachteile nicht verschweigt, bildet den ersten Teil der Ausführungen *M. Guggenheims*.

An ihn schließt sich der zweite spezielle Teil an, der die einzelnen Verbindungen individueller behandelt. Der vorliegende Stoff ist zu umfangreich, um ihn detailliert zu besprechen. Es seien nur Einzelheiten hervorgehoben. So ist auf Seite 399 eine Verbindung, das Putrin, erwähnt, das von *Barger* für ein Dekarboxylierungsprodukt einer aus Casein erhaltenen Diamino-trioxydeca-dicarbonsäure gehalten wird. Die Bestätigung dieser Vermutung wäre um so interessanter, als *E. Fischer* das Vorkommen der genannten Dicarbonsäure selbst als zweifelhaft hingestellt hat.

Im dritten Absatz hat *Guggenheim* noch zahlreiche Angaben über „biogene Amine unbekannter Struktur“ gesammelt. Die Existenz dieser, häufig noch namenlosen Körper dürfte in vielen Fällen recht zweifelhaft erscheinen, obwohl das in der physiologischen Literatur weit verstreute Material schon kritisch gemustert wurde. Wir finden die einzelnen Amine nach dem Richterschen Formelsystem geordnet und mit ihren wichtigsten Daten und Vorkommen gezeichnet.

Stofflich teilweise hinübergreifend knüpft *G. Trier* hier seine Besprechung methylierter Aminosäuren und Betaine an. Unter ihnen finden von der fachmännischen Hand des Autors Trigonellin, Stachydrin, Botonizin und Turizin eine besonders ausführliche Erläuterung.

Mit ebenso großem Interesse wird der Leser den Abhandlungen über das Gebiet der Oxy-Aminosäuren und ihrer Methylderivate begegnen; denn dieses Arbeitsgebiet zählt in jüngster Zeit zu den akuten Themen der Eiweißchemie. Einem speziellen Kapitel, der Carnitinfrage, widmet sich seit langem *R. Engeland*. Leider hat er jedoch bei seinen schönen Versuchen, wie das in Deutschland nur zu häufig der Fall ist, mit großen äußeren Schwierigkeiten zu kämpfen, und um so bedauerlicher ist es, daß seine Arbeiten vielfach unbekannt geblieben zu sein scheinen (vgl. z. B. *M. Tomita*, Zeitschr. f. Physiol. Chem. 1923).

Ob *Trier*, der das Vorkommen von N-Methylaminosäuren in Proteinen für unwahrscheinlich hält, mit seinen Zweifeln am isomeren Lysin von *Winterstein* aus Rizinusssamen recht behält, scheint dem Referenten nach der neuen Synthese des δ -N-Methylornithin durch *K. Thomas* und seine Mitarbeiter doch noch sehr fraglich.

In einem getrennten Aufsatz führt *F. Ehrlich* die sondern z. B. auch die Darstellung der Raffinose. Aufarbeitung der Melasseschlempe gewonnen werden. Wir finden hier nicht nur die Aminosäuren und Betaine, sondern z. B. auch die Darstellung der Raffinose. Auf die Verwendung des Betainchlorhydrats als Ursubstanz macht *Ehrlich* besonders aufmerksam.

Den umfangreichsten Teil des Werkes widmet *E. Waser* den biologisch wichtigen, aber nicht im Eiweiß vorkommenden Aminosäuren, eine Abhandlung, die erschöpfend noch alle die Verbindungen umfaßt, die der Proteinchemiker in den anderen Aufsätzen vermisst. In Anlehnung an das Neubauer'sche Abbau-schemata finden wir nicht große Gruppen: aliphatische Aminosäuren, Oxidamine, Keto-säuren, Aldehydsäuren, schwefelhaltige Verbindungen, Abkömmlinge der Phenyl-essig- und Mandelsäure, des Pyrrolidons und Piperidons und Abbauprodukte des Histidins. Durch reichliches Tabellenmaterial und Formelbilder erläutern, beleuchtet der Verfasser die einzelnen Verbindungen vom synthetischen und analytischen, wie auch physiologischen Standpunkt.

Wir besitzen also in diesem Buche eine praktische geordnete, übersichtlich angeordnete Zusammenstellung der gesamten auf und abbauenden Eiweißchemie, die bis in die neueste Zeit reicht und jedem *Lehrer* ein wertvolles Hilfsmittel zu werden verspricht. Dem Referenten selbst hat es schon bei mancher Gelegenheit gute Dienste geleistet. Seine Benutzungsfähigkeit würde durch baldiges Erscheinen eines Inhalts-verzeichnisses außerordentlich gesteigert werden.

Herbert Schalte, Dresden.

Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie.

Zweite völlig umgearbeitete Auflage. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1921. VIII, 112 S. und 8 Abbildungen. 14 × 22 cm.

Der Verfasser beklagte in der ersten Auflage seines Buches — nicht mit Unrecht — die mangelhafte Durchdringung der Photographie und besonders der photographischen Praxis von seiten der exakten Naturwissenschaften. Er lenkt, gestützt auf seine lange Erfahrung, unsere Blicke auf die vielfachen und engen Beziehungen, die zwischen Kolloidchemie und Photographie bestehen. In einem längeren Abschnitt wird das Problem des latenten Bildes behandelt, die Arbeiten von *Carey-Lea* über kolloidales Silber werden sehr eingehend besprochen, die verschiedenen Ansichten für und gegen die Existenz der Subhaloide gegeneinander abgewogen und schließlich die wohl jetzt allgemein anerkannte Ansicht vertreten, daß das latente Bild aus kolloidalem Silber besteht, das fest vom Haloid umschlossen ist. In den andern Abschnitten werden das Halogensilber, die Gelatine, die Entwicklung und die Sensibilisierungsvorgänge — immer in kolloidchemischer Beleuchtung — vorgeführt. Man sieht immer wieder aus den vielen vom Verfasser gegebenen Anregungen, ein wie dankbares Gebiet die photographischen Probleme der exakten quantitativen Untersuchung bieten werden; verwiesen sei nur auf die physikalischen Änderungen der Silberhalogenide durch Strahlung, auf die ihrem Wesen nach noch völlig ungeklärte Sensibilisation durch Farbstoffe und schließlich auf die von *Lüppo-Cramer* aufgefunden Desensibilisation. Erschwert wird die Lektüre des Buches durch die mangelnde Definition vieler Spezialausdrücke, die *Lüppo-Cramer* bei der Darstellung seiner oft persönlichen Ansichten gebraucht, der Leser muß zum besseren Verständnis erst die sehr zahlreich zitierten Abhandlungen des Verfassers lesen. Auch scheint es dem Referenten, als wenn das Buch gerade durch seinen Zweck — den immer wiederholten Hinweis auf die Berührungspunkte von Kolloidchemie und Photographie, in seiner Einheitlichkeit gelitten hat. Im ganzen kann man aber sagen, daß es einen dankenswerten Versuch bildet, Kolloidchemiker und Photographen für ihre gegenseitigen Arbeitsgebiete zu interessieren.

W. Nollhoff, Berlin.

The Svedberg, Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen anorganischer Stoffe. Ein Hand- und Hilfsbuch für die Chemie und Industrie der Kolloide. 2. Auflage. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1922. XII, 507 S., 60 Abbildungen, zahlreiche Tabellen und drei Tafeln. 14 × 22 cm.

Das Buch ist ein unveränderter Abdruck der ersten, 1909 erschienenen Auflage. In der damaligen Besprechung (Naturwissenschaftliche Rundschau 1910, S. 269) hat der Referent das Werk des verdienten Forschers als eine wertvolle Ergänzung in praktischer Hinsicht zu den gerade erschienenen mehr theoretischen Werken über Kolloidchemie gekennzeichnet. Das Buch hat offenbar den verdienten Beifall gefunden. Um so bedauerlicher ist es, daß nur ein Wiederabdruck erscheint. In der Kolloidchemie dürfte doch seit 1909 einiges nachzutragen sein. *Alfred Coehn, Göttingen.*

Grube, Georg, Grundzüge der angewandten Elektrochemie. Band I: Elektrochemie wässriger Lösungen. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1922. XI, 268 S. 15 × 22 cm.

Habers 1898 erschienener Grundriß der technischen Elektrochemie auf theoretischer Grundlage hat keine zweite Auflage gefunden. Es ist das bedauerlich, denn man hätte wohl gewünscht, auch das später Gewordene in des Verfassers eigenartiger und immer interessanter Auffassung dargestellt zu sehen.

Mehr auf gewohnten und bewährten Bahnen der Darstellung bewegt sich das Buch von *Grube*, dessen erster Band vorliegt. Es ist ein für den Studierenden, der eine kurze Einführung in das Gebiet wünscht, und dem das vorzügliche Werk *Försters* über die Elektrochemie wässriger Lösungen zu ausführlich ist, sicher recht nützlich. In der Anordnung des Stoffes folgt es derjenigen von *Förster*. Die technischen Verfahren sind sachgemäß und gut verständlich wiedergegeben. Ein zweiter Band soll die „Elektrochemie der Schmelzflüsse und der Gase sowie der elektrischen Öfen“ behandeln.

Verschiedene Stellen des theoretischen Teils, besonders der Einleitung, könnten für eine Neuauflage Änderungen vertragen. Es ist nicht mehr angängig, zu schreiben: „Jedes Kation besteht aus einem Atom des betreffenden Elementes in Verbindung mit so viel positiven Elektronen, als seiner Wertigkeit entspricht“. Auch die spätere Andeutung der neueren Anschauung gibt keine ausreichende Richtigstellung. Als erstes Beispiel für eine Elektrolyse wird ein Stück Eisen

zwischen zwei Kupferbleche in eine „Kupfersalzlösung“ gehängt. Das geht aber doch nicht bei Kupfersalzlösungen, an die der unbefangene Leser zunächst denkt. Zersetzt man geschmolzenes Bleichlorid, „so findet an der Anode Chlörentwicklung statt“. Von der dazu erforderlichen Beschaffenheit der Anode, für die man nach dem Vorhergehenden an Blei denkt, ist nichts gesagt. Und so noch allerhand gerade auf den ersten Seiten. Im Späteren hat der Referent bei der Durchsicht kaum mehr etwas zu erinnern gefunden.

Das Buch trifft eine recht brauchbare Auswahl unter den technischen Verfahren. Dem Wunsch nach Erweiterung und Vertiefung des Gegebenen kommt eine große Zahl von Hinweisen auf die vorhandene Literatur entgegen, so daß es für die Einführung in das Gebiet durchaus empfohlen werden kann.

Alfred Coehn, Göttingen.

Neger, F. W., Grundriß der botanischen Rohstofflehre. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1922. Enkes Bibliothek für Chemie und Technik Band 6. XVI, 304 S. und 130 Abbildungen. 15 × 23 cm. Preis Gz. 8,10.

Diese Rohstofflehre will ein Grundriß sein und schränkt sich deshalb ganz bewußt im Umfang des Gebotenen ein. Der Verfasser will, wie er sagt, dem arbeitenden Volk und insbesondere der studierenden Jugend ein gediegenes Wissen vermitteln unter Weglassung alles dessen, was zwar schön ist, aber nicht unbedingt notwendiges Beiwerk vorstellt. Seinen Zweck, ein klares und übersichtliches, jede Weitschweifigkeit vermeidendes Lehrbuch zu schreiben, hat der Verfasser vollständig erreicht. Mit der Einteilung des Stoffes nach chemischen Gesichtspunkten möchten wir uns völlig einverstanden erklären. Ebenso mit der Unterteilung der einzelnen Kapitel nach botanischen und morphologischen Gesichtspunkten. Auf gedrängtem Raum wird eine große Stofffülle geboten. Die dadurch bedingte Kürze vermeidet aber überall die Gefahr der Trockenheit. Und das Ganze gewinnt noch durch die zahlreichen guten Abbildungen an Anschaulichkeit. Das kleine Werk dürfte auch als Nachschlagebuch zur Orientierung über botanische Fragen der Rohstoffwirtschaft dem Kaufmann, Techniker und Fabrikchemiker nützlich sein, vor allem aber dem Studierenden und jedem anderen, der sich nicht die ausführlichen und kostspieligen Handbücher der pflanzlichen Rohstoffkunde beschaffen kann.

M. Bergmann, Dresden.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Kristallstruktur natürlicher und synthetischer Oxyde von Uran, Thorium und Cerium. (V. M. Goldschmidt und L. Thomassen, Videnskapselskapets Skrifter I. Mat.-Nat. Klasse 1923 Nr. 2. Kristiania. S. 5–46.) Die äußerst interessanten Untersuchungen der Verfasser umfassen Studien über die Kristallstruktur der verschiedenen mineralogisch und petrographisch wichtigen natürlichen Oxyde von Uran und Thorium, die unter dem Namen Uranpecherz, Bröggerit, Cleveit und Thorianit bekannt sind, sowie über die Struktur der reinen Oxyde der gleichen Elemente wie UO_3 , U_3O_8 , UO_2 , ThO_2 und CeO_2 . Die Ergebnisse der Untersuchung liefern einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Uran- und Thoroxymminerale und ihrer isomorphen Beziehungen. Sie sind besonders im Hinblick auf die radioaktiven Eigenschaften dieser Minerale bemerkens-

wert, so daß ein kurzer Bericht auch an dieser Stelle geboten sein dürfte.

a) *Apparatur und Methode.* Die Untersuchungen wurden mit Hilfe der Röntgenstrahlen vorgenommen. Da die meisten der künstlich hergestellten Oxyde nur als feines Pulver dargestellt werden konnten, kam in erster Linie die Debye-Scherrer-Methode in Betracht, dagegen wurden von Bröggerit- und Thorianitkristallen auch deutliche Lauediagramme erhalten. Als Röntgenröhre kamen eine Hadding-Siegbahn'sche Metallröhre mit Eisenantikathode, für die Laueaufnahme eine Coolidge-Röhre zur Verwendung. Als Kamera diente das Haddingsche Modell (Radius der Filmtrommel 49,4, 49,8 mm, Durchmesser der Blende 2,6 mm, Länge 30 mm), die Substanz wurde in zylindrischen Gelatinehüllen von 2 mm Durchmesser eingebettet. Bei der Berechnung der Filme wurden die Korrekturen be-

züglich Stäbchendicke und Divergenz des Primärstrahlbündels angebracht.

b) *Herstellung der Präparate.* Die zur Untersuchung verwendeten Uranoxyde wurden aus Uranylacetat auf dem Wege über Uranylnitrit hergestellt, das Thoriumoxyd wurde durch Glühen aus Thoriumcarbonat von Kahlbaum erhalten, ebenso das Ceriumoxyd aus Cernitrat. Durch Umkristallisation des letzteren durch 20stündiges Behandeln mit Kaliumbisulfat von 500—900° steigend nach dem Verfahren von Sterba ließen sich bis 0,05 mm große, isotrope grünliche Kristalle in Form von Oktaedern mit Würfel erzeugen. Brögerit, ein sehr frischer Thoruranin mit oktaedrischem Habitus lag in glänzend tiefschwarzen 1—2 cm großen Kristallen von Karlhus, Raade vor. Ein Kristall wurde gepulvert und ausgesucht reines Material zur Debye-Scherrer-Aufnahme benutzt. Aus anderen Kristallen wurden Platten nahezu parallel einer Oktaederfläche und Würfelfläche zu Laueaufnahmen geschliffen. Der Cleveit, ein sehr alter Thoruranin, mit in der Regel würfeligem Habitus, wie er in Granitpegmatitgängen der norwegischen Südküste vorkommt, zeigt häufig eine Hülle aus orangegelbem Urantrioxydhydrat und schwefelgelbem Uranylcarbonat (Rutherfordin), mitunter in konzentrischer Anordnung. Ein großer Kristall von Svinör (5 cm Durchmesser) lieferte aus dem innersten Kern tiefschwarze deutlich kristalline isotrope Substanz. Zur Pulveraufnahme, aus einem 2 cm großen Kristall von Auselmyren bei Twedestrand, der außen wie oben erwähnt metamikt umgewandelt war, wurde Substanz des dunklen Kernes möglichst nahe der gelben Hülle herauspräpariert. Schließlich kam noch Cleveit von Arendal zur Untersuchung, der fast völlig ThO_2 -frei ist und fast ausschließlich UO_3 enthält. Das Uranpecherz wurde aus Handstücken von Joachimstal präpariert, das Pulver erwies sich völlig isotrop. Der untersuchte Thorianit bestand aus bläulichschwarzen stark glänzenden Kristallen mit der Fundortangabe Galle Distrikt, Ceylon. Die 2 mm großen Würfel waren Zwillingskristalle nach dem Spinelgesetz, wie bei den bekannten Zwillingen von Flußspat.

c) *Ergebnisse.* Es wurden untersucht: 1. Urandioxyd UO_2 aus UO_3 durch Erhitzen im Wasserstrom bei 1200° gewonnen, aus grünlichgelben, optisch isotropen Kristallen bestehend, ergab bei 40 Minuten Belichtung kräftige Linien auf dem Film. Das Kristallsystem ist isometrisch, die Kantenlänge des Elementarwürfels beträgt 5,47 Å (1 Å = 10^{-8} cm). Aus Dichte 10,95 und Molekulargewicht 270,2 findet sich die Zahl der Moleküle im Elementarwürfel zu $n=4$. Die weitere Untersuchung der Atomanordnung ergibt als wahrscheinlichste Struktur einen flußspatähnlichen Aufbau. Zum gleichen Ergebnis führte die Aufnahme eines grünlichbraunen Präparates von UO_2 , das aus U_3O_8 durch 2½stündiges Glühen bei 900° C im Wasserstoffstrom erhalten war. — 2. Uranoxydoxydul U_3O_8 aus UO_3 durch Glühen in Luft hergestellt, wurde einmal bis 785°, das andere Mal weitere 8^h bis 1040° erhitzt. Das Pulver erwies sich unter dem Mikroskop als doppelbrechend. Damit stimmt auch die Röntgenuntersuchung überein. Beide Präparate zeigen das identische Ergebnis, daß U_3O_8 keine kubische Struktur besitzt. Das Kristallsystem selbst konnte bisher nicht ermittelt werden. — 3. Urantrioxyd UO_3 aus Ammoniumurannat durch 16stündiges Erhitzen auf 230° und späteres 20stündiges Erhitzen auf 260—270° dargestellt, ließ unter dem Mikroskop keinerlei kristalline Beschaffenheit erkennen. Das Pulver enthielt etwas

H_2O . Die Debye-Scherrer-Aufnahmen zeigten nur einige verwaschene Andeutungen von Interferenzringen, so daß die Substanz UO_3 praktisch als amorph angesehen werden kann; jedenfalls liegt ein außerordentlich hoher Dispersitätsgrad vor. Neben den genannten verwaschenen Ringen sind außerordentlich schwache Andeutungen von Linien erkennbar, die sich aber mit großer Wahrscheinlichkeit als dem U_3O_8 zugehörig erweisen. Somit wäre bewiesen, daß beim Erhitzen von UO_3 in Luft bereits bei 270° etwas U_3O_8 gebildet wird. — 4. Thoriumdioxyd, durch Glühen aus Thoriumkarbonat einmal ohne, das andere Mal mit Zusatz von Borax und Kochsalz bei verschiedenen Temperaturen hergestellt, besitzt kubische Struktur wie Urandioxyd. Der Elementarwürfel mit 4 Molekülen hat 5,61 Å Kantenlänge. Während die Th-Atome ein flächenzentriertes Gitter bilden, ist die Lage der O-Atome wie beim UO_2 nicht sicher feststellbar. Sehr wahrscheinlich ist eine Anordnung wie im Flußspat. — 5. CeO_2 , in der oben erwähnten Weise dargestellt, ergab eine analoge Struktur wie ThO_2 und UO_2 . Die Kantenlänge des Elementarwürfels ist 5,41 Å. Die Beobachtungen der Schwärzungen der Interferenzlinien sprechen zugunsten einer Atomanordnung ähnlich wie im Flußspat.

d) *Chemische Zusammensetzung und Atomanordnung der Uranoxydminerale.* Brögerit, Cleveit und Thorianit zeigen deutlich kubische Kristallstruktur. Bei Brögerit und Thorianit wurde außerdem durch Laueaufnahmen erwiesen, daß die kristalline Substanz einheitlich durch den ganzen Kristall parallel orientiert ist in Übereinstimmung mit der äußeren Kristallbegrenzung. Die Verzerrungen der Interferenzflecke zeigen indessen, daß Störungen im Kristallbau vorhanden sind, deren Natur sich vorläufig nicht bestimmen läßt. Es ist bemerkenswert, daß selbst ein so altes Mineral wie der Cleveit von Auselmyren, welcher völlig muscheligen Bruch zeigt und in weitgehendem Maße umgewandelt ist, noch so deutliche Interferenzen liefert. — Uranpecherz von Joachimstal ist kristallin (evtl. neben amorphen Stoffen), jedoch befindet sich die kristalline Substanz in stark dispersem Zustand (Korngröße zwischen 10^{-4} und 10^{-7} cm). Die Kriställchen zeigen isometrisches Kristallsystem, ihre Struktur entspricht ganz der des Urandioxydes (Flußspatbau), die Kantenlänge des Elementarwürfels $a = 5,42 - 5,45 \times 10^{-8}$ cm ist etwas kleiner als beim reinen UO_2 , wohl infolge isomorpher Vertretung des Urans durch Atome mit kleinerem Volumen. — Cleveit zeigt die Atomanordnung des UO_2 , trotzdem er größtenteils aus UO_3 besteht. Er ist somit als eine feste Lösung von Sauerstoff in UO_2 aufzufassen, wobei ersterer wohl erst sekundär bei niedriger Temperatur in das Kristallgitter eingetreten ist. Nach Erhitzung auf etwa 800° tritt eine völlige Umgruppierung des Gitters ein, die Struktur entspricht nunmehr dem U_3O_8 . Dahingegen zeigt sich beim Glühen von Brögerit keine Veränderung, die UO_2 -Linien treten in unveränderter Stärke auf.

Während bisher die Zusammensetzung dieser Minerale gewöhnlich als U_3O_8 angenommen wurde und diese selbst der Spinelgruppe zugeordnet werden, zeigt die Röntgenuntersuchung, daß Brögerit, Cleveit und Thorianit als isomorphe Mischungen der Dioxyde von U, Th, Ce und vielleicht Uranblei aufzufassen sind. Damit werden die Untersuchungen von W. R. Dunstan und G. S. Blake (1906) bestätigt, daß Thorianit und Uraninit als ThO_2 und UO_2 isomorph sind. Indessen ist nicht der ganze Sauerstoffüberschuß in den Urani-

nitmineralen sekundär, sondern es dürfte eine gewisse Menge Sauerstoff im Überschuß über die Formel RO_2 von vornherein in fester Lösung in den Mineralien enthalten gewesen sein. Schon *Hillebrand* hat bekanntlich isomorphe Mischungen von UO_2 und UO_3 synthetisch dargestellt.

Es erhebt sich die Frage, in welcher Weise diese überschüssigen Sauerstoffatome im UO_2 -Gitter eingebaut sind. Die Verfasser diskutieren sie in Hinsicht auf ein ähnliches Gruppierungsproblem, das durch die Aufnahme überschüssiger Fluoratome bei der isomorphen Vertretung von CaF_2 durch YF_3 im Yttrifluorit auftritt. Debye-Scherraufnahmen von Fluorit aus

bremsst worden und erst allmählich später herausgefunden. Die Untersuchungen der Verfasser haben das auffällige Resultat ergeben, daß trotz der großen Substanzumwandlungen und der z. T. hierauf, z. T. auf das Abbremsen der Heliumatome zurückzuführenden Energieänderungen das Raumgitter nicht zerstört worden ist, sondern daß Brögerit und Thorianit noch gänzlich oder größtenteils ihre ursprüngliche Atomordnung besitzen.

Die Gitterdimensionen der untersuchten Substanzen sind in der Tabelle zusammengestellt. Die Atomanordnung ähnelt bei allem der des Flußspates, die Metallatome bilden flächenzentrierte Würfelgitter.

Substanz	Kristallsystem	Kantenlänge des Elementarwürfels	Zahl der Moleküle i. Elementarwürfel	Dichte nach Landolt-Börnstein	Dichte aus Röntgendaten
CeO_2	kubisch	5,41 Å	4	6,739—7,99	7,181
UO_2	"	5,47 "	4	10,15—10,95	10,896
ThO_2	"	5,61 "	4	9,861—9,876	9,870
Uranpecherz.....	"	5,42—5,45 Å	4		
Cleveit.....	"	5,47 Å	4		
Brögerit.....	"	5,47 "	4		
Thorianit.....	"	5,57 "	4		
Flußspat.....	"	5,47 "	4	3,150—3,163	3,1485
Yttrifluorit.....	"	5,49 "	4		

Hesselbach (Baden) und Yttrifluorit von Hundholmen in Nordnorwegen zeigen, daß beide Mineralien nahe verwandte Struktur besitzen, das Yttrium tritt an die Stelle der Kalziumatome in das von diesem gebildete flächenzentrierte Würfelgitter ein, wogegen die Fluoratome entweder vollständig umgruppiert werden oder zum Teil auf ihren Plätzen verbleiben, wobei die überschüssigen diejenigen Positionen einnehmen, die im Gitter noch am ehesten Platz bieten. Genauere Aussagen lassen sich jedoch zurzeit nicht machen. Es sei erwähnt, daß bei dieser Substitution sich die Kante des Elementarwürfels nur sehr wenig von 5,47 auf 5,49 Å (0,37 %) ändert. Von den übrigen Bestandteilen der Uranoxydminerale ist als sicher anzunehmen, daß Thorium und die kleine Menge Cer als Dioxide in Vertretung von UO_2 von vornherein im Gitter vorhanden waren.

e) *Radioaktivität und Gitterbau.* Die Verfasser diskutieren schließlich noch das Verhalten der einzelnen Atome als Gitterbausteine bei radioaktiven Umwandlungen. Bei der Umwandlung des Urans zu Uranblei werden eine Reihe von Zuständen durchlaufen, die sich wie etwa die Emanation durchaus nicht dem Valenzschema von vierwertigem Uran oder Blei einordnen lassen. Nähere Vorstellungen lassen sich hierüber aber zurzeit nicht bilden, aus den Untersuchungen scheint hervorzugehen, daß die als Endprodukt entstandenen Bleiatome sich im Gitter am Orte der ursprünglichen Uranatome befinden, so daß der Brögerit gewissermaßen als isomorpher Mischkristall von UO_2 und ThO_2 und Dioxid des Uranbleies aufzufassen ist, wobei letzteres erst sekundär in Kristall entstand. Sehr schwierig ist es auch, sich von der Anordnung der abgespaltenen Heliumatome eine Vorstellung zu machen. Da beim Zerfall eines Uranatoms in Uranblei je acht Heliumatome entstehen, so sind im Brögeritkristall bis heute nahezu ebensoviele Heliumatome frei geworden, als ursprünglich Uranatome im Gitter enthalten waren. Der größte Teil dieser Heliumatome ist im Kristall selbst abge-

Den Schluß der interessanten Arbeit bildet eine röntgenspektroskopische Analyse des Ceriumdioxides nach der Haddingschen Methode, die bei der Untersuchung analytischer Produkte und synthetischer Präparate ausgezeichnete Dienste leistet und in der Zukunft immer weitere Verbreitung auch in der Praxis finden dürfte.

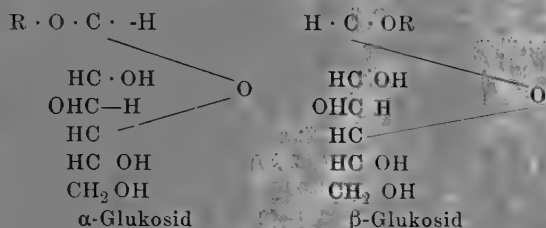
E. Schiebold.

Ein besonders hafniumreiches Mineral wurde mit Hilfe der Röntgenspektroskopie von *V. M. Goldschmidt* und *L. Thomassen* (Saertryk av Norsk Geologisk Tidsskrift Band VII, Heft 1) aufgefunden. Unmittelbar nach Bekanntwerden der ersten Zeitungsnachrichten über die Entdeckung des Elementes 72 (Hafnium) durch *Coster* und *v. Hevesy* untersuchten die Verfasser Proben von Malakon und Alvit. Diese beiden Zirkonminerale waren schon früher durch ihr schwankendes spezifisches Gewicht aufgefallen. Die Röntgenspektrogramme der geprüften Stücke zeigten, daß beide Minerale beträchtliche Mengen des neuen Elementes enthalten. Wie spätere Untersuchungen ergaben, wechselt zwar der Prozentgehalt stark von Probe zu Probe, die Verfasser waren aber insofern vom Glück begünstigt, als einer ihrer Alvite mit einem Prozentgehalt an Hafnium von rund 20 das hafniumreichste Mineral ist, das bisher zur Untersuchung kam. Wenn es gelingen sollte, größere Mengen Alvit dieser Beschaffenheit aufzufinden, würde darin ein sehr geeignetes Ausgangsmaterial für die Hafniumdarstellung vorliegen.

Fritz Paneth.

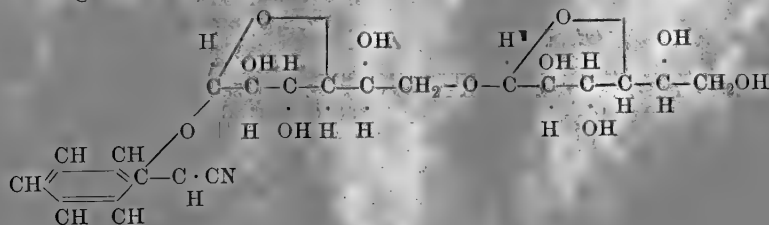
Die Konstitution des Amygdalins. Von den Glukosiden ist eines der am längsten bekannten das in Mandeln vorkommende *Amygdalin*, das schon vor fast 100 Jahren von *Robique* und *Boutron-Charlard* entdeckt wurde. Mit ihm zusammen kommt in den Mandeln das Ferment *Emulsin* vor, das das Glukosid spaltet, und da diese Spaltung von keinen geringeren als *Liebig* und *Wöhler* entdeckt und studiert wurde (1837), so war man schon lange über die Elementarbestandteile des Glukosids unterrichtet, denn es zerfällt leicht, entsprechend der Formel

$C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O = 2C_6H_{12}O_6 + C_6H_5 \cdot CHO + HCN$,
in zwei Moleküle Glukose, Benzaldehyd und Blausäure.
Nur über die Bindung der Glukosemoleküle war man
nicht ganz im klaren. Bekanntlich hat *E. Fischer* die
Glukoside entsprechend ihrem Verhalten gegenüber
Fermenten in zwei Klassen eingeteilt, in die α -Gluko-
side, die von Bierhefe (bzw. deren Fermenten) und in
die in der Pflanzenwelt am meisten verbreiteten
 β -Glukoside, die von Emulsin gespalten werden, beide
Reihen unterscheiden sich stereochemisch entsprechend
den beiden folgenden Formelbildern:



Die Bindung der Blausäure an den Benzaldehyd
und das Vorkommen eines Moleküls β -Glukose war ge-
sichert durch den Nachweis der Entstehung von
l-Mandelsäurenitril- β -Glukosid bei der Einwirkung von
Amygdalin, dessen optischer Antipode das d-Mandel-
säurenitril- β -Glukosid, das Sambunigrin, interessanter-
weise auch in der Natur von *Bourquelot* und *Hérissé*
(in den Blättern von *Sambucus niger*) gefunden war.
Seine Konstitution wurde auch durch die Synthese
von *Fischer* und *Bergmann* gesichert. Nur über die
Art des zweiten Zuckermoleküls bzw. seine Bindung
war man sich nicht im klaren. Die früher meist ge-
machte Annahme, daß die zwei Glukosemoleküle als
Maltose vorkämen, ist sicher nicht richtig, man nahm
vielmehr neuerdings eine Kombination von α - und β -
Glukose an, indem man entsprechend den obigen
Glukosidformeln auch zwei Glukoseformen unter-
scheidet, die sich durch ihr Drehungsvermögen (die
 α -Form dreht erheblich stärker als die β -Form) kenn-
zeichnen.

Hier setzen nun neuere Untersuchungen ein, die in
Heft 4 der Berichte der Deutschen chemischen Gesell-
schaft 1923 von *R. Kuhn* aus dem Willstätterschen
Laboratorium veröffentlicht werden. Schon vor
20 Jahren hat *Armstrong* einen Zusammenhang von
Malzzucker und α -Glukose in der Art nachgewiesen,
daß er die Mutarotation des Traubenzuckers, der bei
der Hydrolyse entsteht, untersuchte. Bildet sich näm-
lich die hochdrehende α -Form, so findet infolge der
Mutarotation eine *Abnahme* der spezifischen Drehung
von 110° auf $52,5^\circ$ statt, während umgekehrt, wenn
 β -Glukosid entsteht, eine *Drehungszunahme* von 19°
auf $52,5^\circ$ zu konstatieren sein muß. *Kuhn* konnte nun
zeigen, daß bei der Spaltung des Amygdalins nach der
Sistierung der Enzymwirkung durchweg starke
Drehungszunahme zu beobachten war, wodurch bewiesen
ist, daß beide Glukosereste in der β -Form vorliegen,
so daß sich im Zusammenhang mit den älteren Ver-
suchen als definitive Formel des Amygdalins die fol-
gende räumliche Anordnung ihrer 59 Atome ergibt:



Die bisherige Konstitutionsbestimmung mit Hilfe
der Fermentwirkung ist also doch nicht von der Schärfe
wie *E. Fischer* ursprünglich annahm, was ja auch in-
sofern plausibel ist, als es sich bei den Fermenten
sicherlich nicht um einheitliche chemische Individuen
handelt. Zu einem vollen Erfolge kann aber die Fer-
mentwirkung führen, wenn man ihre Feststellung kom-
biniert mit der anderer physikalischen Konstanten, wie
in diesem Fall der Mutarotation. S.

Geographisches aus Südamerika. Eine äußerst
wertvolle Gesamtübersicht über alle bisher er-
schienenen geologischen Karten von Südamerika
unter Ausschluß bloßer Struktur- und Lagerstätten-
karten enthält *Henry B. Sullivan's* „*A Catalogue of geological maps of South America*“, New York 1921.
Die Liste zählt 209 Titel mit Aufzählung der dar-
gestellten Fläche nach Länge und Breite, des Maß-
stabes, der Blattgröße und der Anzahl der unter-
schiedenen Formationen. Ein angefügtes Kartennetz
zeigt die Dichte der Aufnahmen und läßt den Grad der
Durchforschung erkennen. Hiernach ist am besten
bekannt das mittlere und nördliche Chile und der an-
grenzende Teil Argentiniens. Im nördlichen Chile
liegen nur punktweise Aufnahmen kleinerer Gebiete in
mittlerem Maßstabe vor. Der nördliche Kordilleren-
abschnitt nimmt eine Mittelstellung ein. In den euro-
päischen Kolonien Guayanas steht das französische er-
heblich gegen das britische und niederländische Gebiet
zurück. Auffallend rückständig erscheint auch Bra-
silien, wo nur im Gebiet der Nordoststaaten die Auf-
nahmen sich drängen, wo aber selbst die Umgebung
der Hauptstadt nur in 1 : 2 500 000 kartiert ist. Rund
ein Viertel der Autoren sind Deutsche oder doch deut-
schen Namens.

Das genannte Buch erscheint im Rahmen eines
größeren von der *American Geographical Society* ein-
geleiteten Werkes, das einerseits eine Karte des spa-
nischen Südamerikas, andererseits eine Reihe von Ver-
öffentlichungen umfaßt, die gleichsam zur Erläuterung
jener dienen. Dies ist in engerem Sinne der Fall bei
Alan G. Ogilvie's „*Geography of the Central Andes, a handbook to accompany the La Paz sheet of the map of Hispanic America on the millionth scale*“, New York
1922; einem Buche, welches nach Aufzählung der lite-
rarischen Grundlagen des Kartenblattes eine länd-
erkundliche Darstellung des von ihm umfaßten Gebietes
gibt.

Ein altes Problem in der Hydrographie Südamerikas
löst in überzeugender Weise der früher in Argentinien,
jetzt in Brasilien tätige Forscher *Rudolf Herrmann*,
dessen biologische Arbeiten früher in den Naturwissen-
schaften gewürdigt worden sind (vgl. Jahrgang 10,
S. 238). Der Titel seiner Schrift „*Die Anpassung des*
Alto Paraná-Uruguay und die Entstehung der Lagune
Iberá“, Buenos Aires 1920, enthält Problem und Lösung
zugleich. Jenes liegt in dem merkwürdigen Über-
greifen des La-Plata-Systemes auf das brasilische Berg-
land, diese erklärt, daß der Höhenunterschied zwischen
dem Berg- und dem Tieflande des La Plata einem ur-

sprünglichen Nebenflüsse des Tieflandsystemes starke Erosionskraft verliehen hat, so daß es zur Anzapfung des im Titel genannten alten Stromlaufes und zur Köpfung des heutigen Uruguay kam.

Über die Ergebnisse seiner jüngsten Reise im nordwestlichen Südamerika (vgl. auch Naturwissenschaften Jahrg. 8, S. 351) berichtet A. Hamilton Rice im Bulletin of the Geographical Society of Philadelphia. Der Titel der Abhandlung „*The Rio Negro, the Casiquiare canal and the upper Orinoco*“ läßt neue Befunde über die immer noch ungeklärte Frage nach der Orinocogabelung erwarten. Indessen ist die Reise, die das seit Humboldt typische Bild dieser Gegend aufs neue bestätigt, in diesem Punkte nicht sehr ergebnisreich gewesen, denn sie bringt nichts wesentlich Neues. Immerhin machen die Angaben über Gefäll und Strömung des Verbindungskanals die Annahme wahrscheinlich, daß es sich in der Tat um eine echte „Bifurkation“ des Orinoco handelt, d. h. eine Aufspaltung des aus dem Hochland in sehr ebenes Gelände eintretenden Stromes, von dem ein Zweig zufällig das nahe Rio-Negro-Netz erreicht. Unterstützt würde ein solches Verhalten werden durch die Zusammensetzung des Bodens aus leicht zu erodierenden Tonen und Sanden und durch das Hochwasser des oberhalb der Gabelung in einem Felsstale gestauten Stromes, das den einmal eingeschlagenen Weg rasch vertiefen konnte.

Eine Reise in den peruanischen Hoch- und Ostkordilleren (Sonderabdruck aus den Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Wien 1922) hat 1920

der bekannte Polarforscher Otto Nordenskjöld ausgeführt im Anschluß an seine Untersuchung über die häufig als „Inlandeis“ bezeichneten Eistfelder der patagonischen Kordilleren. Ihr Ziel war die Aufklärung von Spuren der älteren Vergletscherung in der Hochsierra und die Erforschung der noch immer wenig bekannten Osthänge der östlich Lima gelegenen Kordillere. An der Expedition beteiligte sich auch das peruanische naturhistorische Universitätsmuseum. Die Route führte von der Bergstadt Oroya aus in beschwerlicher Flußfahrt auf dem früher von Werthemann befahrenen, schnellenreichen Perenéflusse zum Tambo, einem Nebenflusse des Ucayali, und zu Lande zurück. Eindrucksvoll wird der scharfe Gegensatz der Hochgebirgslandschaft und des tropischen Gehänges geschildert, wo zwei Tagesmärsche aus Bananenpflanzungen in die öde Paramoregion führte, in der nachts das Wasser gefror. Hier wurde in 4500 m auch ein mächtiger Gletscher von ausgesprochen norwegischem Plateautypus entdeckt, ein bemerkenswerter Befund für dieses Gebiet. Unterwegs trat Nordenskjöld auch mit dem am weitesten westwärts vorgeschobenen Zweige der Aruakvölker, mit dem wenig studierten Stamme der Kampasindianer, in Berührung, der sich von Jagd und Fischfang wie von der Haine bildenden Yukka nährt. Die Ansiedelungsbedingungen für Europäer werden günstig beurteilt im inneren Hochlande, demnächst in dem bewässerungsfähigen Küstengebiete, während das Ostkordillerenland trotz erträglichen Klimas seiner Abgelagenheit wegen wenig aussichtsreich erscheint.

Brandt.

Astronomische Mitteilungen.

Sternbegegnungen mit kosmischen Staubnebeln. In gedrängtester Kürze sei der Inhalt eines unveröffentlichten Werkes mitgeteilt, das die Folgen von Sternbegegnungen mit kosmischen Staubnebeln in Form einer Arbeitshypothese erörtert und in vielen astro- und geophysikalischen Phänomenen aufzudecken bemüht ist.

1. Nach Seeliger sind die Novae dichte, abgekühlte, in homogene Staubnebel eindringende Sterne. Nebeldurchdringungen sind aber mit Rücksicht auf die großen Abstände der kosmischen Massen unwahrscheinlich.

Bloße Annäherungen aber können schon vermöge der damit verbundenen Gleichgewichtsstörungen katastrophale Folgen auslösen. Wenn der Nebel nicht die von Seeliger vorausgesetzte homogene Struktur, sondern einen dichteren Staubkern mit dünneren, weit abstehenden Staubnebelbegleitmassen besitzt, so werden diese aus dem schwachen Schwerfeld des Kernes in das weit überwiegende eines entfernt vorbeiziehenden, massenreichen, dichten Sternes abgelenkt und kometenartig sich ihm angliedern. Im Periastron des Sternes erleiden die Kometen unausgesetzte Zusammenstöße, ihre hyperbolischen Bahnen werden in parabolische, schließlich in elliptische umgewandelt, und der Stern wird in eine, zu ihm exzentrisch gelagerte, meteoritische, glühende Hülle eingeschlossen, deren Massenübergewicht im Periastron liegt und deren Rotationsachse zu der des Sternes stark geneigt ist. Dieses, zu einem einheitlichen Gravitationssystem verbundene Kreiselpaar hat einen von den Schwerpunkten und Achsen der beiden Komponenten verschiedenen gemeinsamen Schwerpunkt bzw. freie Achse, um welche letztere die Achsen der Komponenten

so lange Oszillationen vollführen, bis alle Schwerpunkte und Achsen zusammenfallen. In jeder Komponente oszillieren wieder die neuen Rotationsachsen um die früheren, und es muß schließlich jede Komponente in dem für die Kreiselbewegung charakteristischen Streben, die alte Gleichgewichtslage beizubehalten, hierzu geeignete oszillatorische Massenverschiebungen vornehmen.

Es wird also der Stern seine schmelzflüssigen und gasförmigen Massen aus dem überbelasteten Periastron ins Apastron verschieben, wo starke Verdichtungen zustandekommen, welche die Massen ins Periastron zurückwerfen, also einen andauernden Oszillationsprozeß einleiten, der durch einen analogen, in der Hülle, aber in entgegengesetzten Phasen verlaufenden im Gange erhalten wird.

Bei den dunkeln, dichten und massenreichen Sternen wird nach A. S. Eddington der im gasförmigen Inneren herrschende, nach außen wirkende Strahlungsdruck so groß, daß er der von außen nach innen wirkenden Gravitation nahezu die Wage hält und ein an Instabilität grenzender Zustand eintritt, der zur Sprengung des Sternes führen muß, wenn eine an sich geringe, von innen nach außen wirkende Zusatzkraft hinzutritt. Diese wäre nun in den auch im Sterninneren auftretenden Oszillationen zu erblicken, welche alsbald die Sternkruste sprengen und eine enorme Volumenvergrößerung herbeiführen. Diese in erster Linie, sodann die Leuchtprozesse der glühenden Hülle bewirken das Aufleuchten der Nova. Durch die Expansion des Sternes und die damit verbundenen, zunächst nur relativ geringfügigen Gaseruptionen wird die meteoritische Hülle immer wieder zerstört, sie bildet

sich aber stets erneut und stabilisiert sich schließlich, worauf jene periodischen Lichtschwankungen auftreten, welche denen der kurzperiodisch Veränderlichen des Typus δ Cephei analog sind und den Oszillationen der Hülle entstammen. Wenn diese auf uns zuschwingt, erzeugen die Massenverdichtungen Temperatur, Licht und Druckvermehrung, und dementsprechend veränderlichen Spektralcharakter.

Diese Schwingungen finden aber ihr Ende, wenn der Stern, der noch durch längere Zeit seine feurig-flüssige Kruste trotz der vereinzelt Gaseruption bewahrt hatte, gesprengt wird und durch totalen Gasausbruch sich in einen den planetarischen Nebeln ähnlichen Nebelstern verwandelt, wodurch die meteoritische Hülle gänzlich zerstört wird.

2. Besaß der Stern noch ein hinlängliches Maß von Stabilität, so kommt es nicht zu dieser völligen Auflösung; der Kern mit seiner schmelzflüssigen Rinde und die Hülle bleiben erhalten, vollführen dauernd die geschilderten Oszillationen und zeigen somit das Bild der kurzperiodisch Veränderlichen vom Typus δ Cephei, ζ Geminorum und RR Lyrae bis R Sagittae. Sie galten bisher als Doppelsterne mit überaus großer Bahnexzentrizität und außerordentlich geringer Masse der zweiten Komponente. Bei vielen sind beide Komponenten des Doppelsternsystems spektralanalytisch nachgewiesen. Nach der Hypothese des Verfassers wäre hier außer dem Spektrum der Hülle das des Sternkernes wahrnehmbar. Der Begriff des spektroskopischen Doppelsternes wäre dann einer Revision zu unterziehen.

3. Bei unserer Sonne wäre die Hülle als Photosphäre und die Sonnenflecken als deren Lücken aufzufassen, letztere durch vulkanische Eruptionen des Sonnenkernes erzeugt, deren Periodizität durch eine hier noch immer als stehende Welle herrschende, von den Polen gegen den Äquator verlaufende oszillatorische Massenverschiebung hervorgerufen würde.

4. Auch die Planeten scheinen (vielleicht mit Ausnahme der durch geringe Albedo gekennzeichneten Merkur und Mars) als Resultat der Nebularbegegnungen Staubsphären zu besitzen, am deutlichsten an Jupiter erkennbar, dessen Gürtel und Streifen dicht aneinander gereihte Flecken, also Lücken in der Staubsphäre darstellen, welche durch vulkanische Eruptionen des Kerns hineingerissen wurden. Auch hier wären die Oszillationen aus den Verschiebungen der Gürtelzonen und ihrer Beschränkung auf die Äquatorgegend zu erschließen.

Analoge Verhältnisse lassen auch für den Saturn die Staubsphäre annehmen; sein Ring wäre das Ergebnis der Oszillationen in der Saturnatmosphäre, welche als stehende Welle am Äquator Staubeilchen als Ringscheibe in den Raum hinausstießen.

Einzelne Jupitertrabanten zeigen heute noch die Oszillationen in ihren kurzperiodisch wechselnden, bald kreisförmigen, bald elliptischen Formen, deren An-

alogie mit den δ -Cephei-Sternen schon bisher hervorgehoben wurde.

5. Ähnlich der Venus (deren Albedo mit der der Erde gleich groß ist und deren Atmosphäre nicht den geringsten Einblick auf die Venusoberfläche gestattet) scheint auch die Erde eine Staubsphäre zu besitzen, da diese als Sitz elektrischer Wirkungen, insbesondere der durchdringenden Strahlung der höheren Atmosphäre der Luft und Gewitterelektrizität und gewisser Erscheinungen des Erdmagnetismus, insbesondere der äkularen und der täglichen Variationen sowie der Störungen anzusehen wäre, schlägt der Verfasser für sie die Bezeichnung „Elektrosphäre“ vor.

Auch die Phänomene der Morgen- und Abendröte, der Purpurlichter und des Alpenglühens, welche nach deren Theorie das Vorhandensein einer Schicht feinstverbreiteter Teilchen in großer Höhe fordern, können durch die Hypothese der Elektrosphäre erklärt werden. Die halbtägige und dritteltägige Luftdruckschwankung entstammen einer zeitennähnlichen Schwingung der Elektrosphäre, als Resultat einer elektrodynamischen Anziehung zwischen der Elektrosphäre und einem Erd-ring (Zodiakallichtung). Nähere Ausführungen können vorerhand im Rahmen dieses Referates nicht gegeben werden.

6. Sowohl aus der derzeitigen Konfiguration der Erdoberfläche als aus dem geologischen und paläoklimatologischen Befund können wiederholte Begegnungen des Sonnensystems mit kosmischen Nebeln erschlossen werden.

Durch die exzentrische Angliederung einer dichten Staubsphäre an die Erde erklärt sich die bereits oben dargelegten Gleichgewichtsstörungen mit den darauf folgenden äußerst lang dauernden Oszillationen in der Staubsphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre und Pyrosphäre, welche bremsend wirken, daher die Erdrotation verlangsamen und die Erdachse verlängern. Diese gerät in Oszillationen, welchen sich die Äquatoraufwölbung und die polaren Abplattungen anpassen müssen. Die Erdkruste wird durch Spalten und Brüche in Schollen zerrissen.

Als Folge finden wir Aufstauung der Faltengebirge, regen Vulkanismus, mechanische, vom barischen und thermischen Gradienten unabhängige, vollkommene Durchmischung der Atmosphäre und Hydrosphäre. Die teilweise Verbrennung des kohlenwasserstoffreichen meteoritischen Staubs vermehrt den Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Atmosphäre.

Daher tritt zunächst erdumspannend warmes, feuchtes Klima ein; dann, nach Absinken des Großteils der Staubsphäre in die Atmosphäre und Abflauen der Oszillationen treten infolge Abkühlung und Niederschlags des jetzt überschüssigen Wasserdampfs an der seither aufgestauten hohen Gebirgen Eiszeiten auf.

Weitere Details dieses für die Beweisführung des Verfassers besonders wichtigen Abschnitts können derzeit wegen Raumangels nicht mitgeteilt werden.

Ernst Khuner.

Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 1922.

22. Juni.

Das w. M. Hofrat G. Jäger überreicht eine Abhandlung von Adolf Smekal mit dem Titel: **Zur quantentheoretischen Deutung des radioaktiven Zerfalls.** In einer der Akademie in ihrer Sitzung vom 6. April 1922 vorgelegten vorläufigen Mitteilung (Wiener An-

zeiger 1922, Nr. 10, S. 79—81) hat der Verfasser die Anwendung der Bohrschen Postulate der Quantentheorie auf sämtliche Wechselwirkungen der Elementarladungen, Protonen und Elektronen, welche die materielle Welt zusammensetzen, ausgedehnt. Dies bedeutet den bisherigen Anwendungen gegenüber, welche

ausschließlich *isolierte* Gebilde (Atome, Moleküle, Kristalle) betrafen, die Einbeziehung auch der zwischenmolekularen Wechselwirkungen. — Nach dieser nunmehr völlig konsequenten Auffassung erscheint die „Welt“ als einziges, einheitliches Quantenproblem; wenn sie gerechtfertigt ist, muß sich zeigen lassen, daß eine bisher bei jeder individuellen Anwendung der Quantentheorie erforderlich gewesene Annahme, die Festlegung des „untersten“ Quantenzustandes für ein isoliertes Gebilde, die aus den Bohrschen Postulaten nicht gefolgert werden kann, auf die Festlegung des „untersten“ Quantenzustandes eines *einigen* beliebigen solchen Gebildes zurückgeführt werden kann. Während die Bohrschen Postulate beispielsweise für das Wasserstoffatom die Festlegung aller höheren Quantenzustände gestatten, wenn dessen „unterster“ Quantenzustand als einquantige Kreisbahn einmal festgelegt ist, vermögen sie die Notwendigkeit der letzteren nicht zu begründen; dies geschieht bei Bohr vielmehr an Hand der Erfahrung, bei Planck und Sommerfeld hingegen durch eine eigene Annahme. Ähnlich bei den quantentheoretischen Anwendungen der übrigen Atome, der Moleküle, der Kristalle. Läßt sich nun die Verwandlung eines Atoms in ein anderes als Quantenübergang zwischen zwei verschiedenen stationären Zuständen deuten, so kann im Wege des Korrespondenzprinzips gefolgert werden, daß der „unterste“ Quantenzustand des einen Atoms einen notwendigen, gesetzmäßigen Zusammenhang mit jenem des anderen besitzt — auf den letzteren zurückführbar ist —, womit der obigen Folgerung entsprochen wäre. Ist dies aber für Atome zweier bestimmter chemischer Elemente gezeigt, so kann diese Frage im Prinzip als für alle Elemente des periodischen Systems beantwortet gelten. Die Umwandlung eines Atoms in das Atom eines anderen Elementes geht nun beim radioaktiven Zerfall spontan vor sich; man hat also nachzusehen, ob hier eine quantentheoretische Deutung möglich und notwendig ist. Experimentelle Ergebnisse des letzten Jahres haben nun in der Tat gezeigt, daß eine quantentheoretische Deutung der radioaktiven Erscheinungen zur Notwendigkeit wird. Lise Meitner hat gefunden, daß die Energie von den beim β -Zerfall des ThB auftretenden Primär- β -Strahlen gleich ist dem Quantum $h\nu$ einer am gleichen radioaktiven Körper auftretenden γ -Strahlung, und C. D. Ellis hat gezeigt, daß die von ihm aus dem β -Strahl-Spektrum des RaB abgeleiteten γ -Frequenzen dieses Elementes Kombinationsbeziehungen untereinander aufweisen, wie das auch für die Frequenzen der sichtbaren und Röntgenlinienspektren gilt. Ellis hat seinen Ergebnissen, welche die Gültigkeit des Kombinationsprinzips und damit der Bohrschen Frequenzbedingung auch im Gebiete der γ -Strahlen erweisen, den Schluß gezogen, daß im Atomkern Energieniveaus vorhanden sind, daß dessen Aufbau somit Quantengesetzen unterworfen sein muß — in erfreulicher Übereinstimmung und Bestätigung der gleichlautenden Folgerung, die sich aus dem eingangs erwähnten prinzipiellen Quantenstandpunkt ergibt und einer entsprechenden Annahme, die von Lenz und dem Verfasser bereits in früheren Arbeiten gemacht worden ist. Diese Feststellung könnte sich aber zunächst bloß auf die Atomkerne der einzelnen Elemente beziehen, ohne eine Verbindungsmöglichkeit für Atome verschiedener Elemente zu ergeben. Hier ist nun das Resultat der Meitnerschen Untersuchung von fundamentaler Bedeutung, indem es zeigt, daß die beim β -Zerfall, z. B. des ThB, ausgesandte γ -Strahlung einem Quantenübergang aus dem Atom des zerfallenden Elementes in jenes seines Folgeproduktes zugeordnet werden muß, beim ThB also dem Übergang vom ThB-Atom ins ThC-Atom. Der β -Zerfall des ThB ist nämlich durch Abgabe einer ganz bestimmten Energiemenge charakterisiert; geht der Zerfall so vor sich, daß das β -Teilchen als Primär- β -Strahl das Atom verläßt, so erscheint die Energie als Translationsenergie dieses β -Strahls; wird das β -Teilchen zwar aus dem Atomkern entfernt, aber an der Atomoberfläche

festgehalten, so muß dieser gleiche Energiebetrag nach der Bohrschen Frequenzbedingung als monochromatischer γ -Strahl ausgesendet werden und der Endzustand dieses Prozesses ist nun wirklich das ThC-Atom (eventuell sein einwertiges Ion, was keinen wesentlichen Unterschied ausmacht). Damit ist also ein Quantenübergang zwischen Atomen verschiedener Elemente, nämlich radioaktivem Element und β -Folgeprodukt, aufgezeigt. Der Nachweis, daß auch alle Sekundärerscheinungen, welche mit dem β -Zerfall und der Meitnerschen γ -Strahlung zusammenhängen, durch obige Auffassung ihre zwanglose Deutung erfahren, möge einer diesbezüglichen, an anderer Stelle (Zeitschrift f. Phys. 10, 1922) erscheinenden, ausführlichen Publikation vorbehalten bleiben. Erwähnt sei nur noch, daß die Existenz solcher γ -Strahlen auch am RaB nachgewiesen werden kann, wo solche in dem von Rutherford und da Andrade gemessenen γ -Spektrum des RaB + C durch unmittelbaren Vergleich mit dem β -Spektrum des erstgenannten Elementes festgestellt werden können; eine eingehendere Betrachtung, welche sich jedoch nicht auf das einstweilen nur unvollständig bekannte γ -Spektrum allein stützen kann, zeigt, daß das RaB im ganzen mindestens vier solcher γ -Strahlen besitzen muß, deren Frequenzdifferenzen in anderen vorhandenen Kern- γ -Strahlen zum Vorschein kommen. Ähnliche Resultate ergeben sich für ThC. Es braucht kaum eigens hervorgehoben werden, daß die gleiche Auffassung auch auf den α -Zerfall anwendbar ist. Ein unmittelbarer experimenteller Beleg hierfür ist allerdings noch nicht zu verzeichnen, doch spricht der Umstand, daß bei RaC und ThC mehr als eine α -Reichweite bekannt ist, sehr zugunsten derselben, außerdem ergibt sich, daß die Energiedifferenz der beiden RaC- α -Strahlen von 6,97 und 9,0 cm Reichweite genau mit dem Quantum eines γ -Strahls vom RaC bzw. RaC übereinstimmt, dessen Vorhandensein durch ein Paar sekundärer β -Strahlen des RaC als sichergestellt gelten kann. Schließlich möge noch betont werden, daß die vorstehende Auffassung, welche die primären α - und β -Linien-Spektren einheitlich mit dem radioaktiven Zerfall in Verbindung bringt, jener der englischen Forscher, vor allem Rutherfords entgegengesetzt ist, die im Fall der β -Strahler diese Rolle dem „kontinuierlichen“ β -Spektrum zusprechen. Diesem letzteren muß, ebenso wie auch dem kontinuierlichen γ -Spektrum, vom Standpunkt der vorstehenden Auffassung aus eine ähnliche Bedeutung zugeschrieben werden, wie sie das kontinuierliche Röntgenspektrum gegenüber dem Röntgen-„Linien“-Spektrum besitzt.

6. Juli.

Bemerkungen über Verfärbung und Lumineszenz unter Einwirkung von Becquerelstrahlen, von Stefan Meyer und Karl Przibram. Es werden einige neue Beobachtungen über Verfärbungen und Lumineszenz an Gläsern und Mineralien mitgeteilt und gezeigt, daß ebenso wie Thermolumineszenz bei durch Becquerelstrahlen verfarbtem Material schon bei auffallend niedrigen Temperaturen auftritt, auch die Entfärbung bei überraschend niedrigen Temperaturen beginnt, auch in Fällen, wo das Material dem Tageslicht gegenüber beständig erscheint. Manganengehalt scheint für die Violettfärbung von Gläsern vielfach maßgeblich zu sein. Bei der Behandlung der prächtig leuchtenden Tiedeschen Phosphore ergab sich, daß starke Becquerelstrahlung das Leuchtvermögen tilgt. Erhitzen von Terephtalsäurephosphor nach solcher Behandlung regeneriert die Phosphoreszenz, die danach sogar verstärkt, aber in der Farbe gegen längere Wellenlängen verschoben, auftreten kann.

Photographische Wirkungen der Becquerelstrahlen, von Robert Wälder. Es wurde die Addition von Becquerelstrahlen und Lampenlicht auf der Bromsilbergelatineplatte untersucht. Hierbei ergab sich: In der Reihenfolge Becquerelstrahlen, Licht und nur in dieser treten Umkehrungen auf, die stark

mit dem Entwickler variieren. Für konstante Lichtmengen und wachsende Radiumstrahlenergien oder konstante Radiumstrahlenergien und wachsende Lichtmengen wird die Intensität der umgekehrten Partien bei allen drei Strahlenarten durch U-förmige Kurven wiedergegeben. Bei α -Strahlen dauert die Umkehrung stets an, auch wenn man die Nachbelichtung über das Solarisationsgebiet hinaus ausdehnt, während bei β - und γ -Strahlen die Umkehrung schon bei verhältnismäßig geringer Belichtung ein Ende findet, so, daß anscheinend die α -Strahlung die einzige ist, deren Spuren auf der Platte nie mehr gelöscht werden können. Die Intensitätsminima der Umkehrung liegen bei wesentlich höheren Strahlungsenergien. β -Strahlen zeigen bei starker Bestrahlung nach der Nachbelichtung sehr verbreiterte, stark umgekehrte Ränder. Die umgekehrten Emulsionen aller drei Strahlenarten bleiben weiter empfindlich. Radiumstrahlen untereinander liefern unter den untersuchten Bedingungen keine Umkehrungen. Die theoretische Erörterung der Phänomene führt zu einer Theorie des latenten Lichtbildes, die von folgenden Erwägungen ausgeht: Eine U-förmige Kurve ist wahrscheinlich durch Überlagerung zweier Kurven, einer aufsteigenden und einer abfallenden, entstanden. Es besteht sonach Grund zu der Annahme, daß sich bei den beobachteten Erscheinungen zwei Effekte überlagern, eine Schwärzung und eine Schwärzungstilgung. Eine solche Vorstellung über den Vorgang der Umkehrung kann man auf Grund von folgenden drei Postulaten gewinnen:

1. Bei Absorption beliebiger strahlender Energie werden von den Teilchen verschiedene Energiemengen aufgenommen; ein Teil des Bromsilbers wird in metallisches Silber und Brom gespalten, ein anderer Teil nur aktiviert, d. i. erhöht reaktionsfähig gemacht.

2. Je energiedichter eine Strahlung ist, desto größer ist der Prozentsatz der gespaltenen und desto kleiner der der nur aktivierten Molekeln. Energiedichte Strahlungen wirken sonach mehr durch Spaltung und weniger durch Anregung.

3. Ausgeschiedenes Silber wird durch weitere Energieabsorption veranlaßt, neue Verbindungen einzugehen, die nicht entwicklungsfähig sind.

Es wird gezeigt, daß diese Postulate nicht nur die in Frage stehenden Umkehrungen, sondern auch einige der wichtigsten Tatsachen der photographischen Sensitometrie wiedergeben.

Das k. M. Prof. Dr. Th. Pintner, Wien, überreicht eine Abhandlung mit dem Titel: **Die vermutliche Bedeutung der Helminthenwanderungen**. Es ist wahrscheinlich, daß der Mangel an Glykogen die Jugendformen zum Verlassen des Darmkanals zwingt; ferner waren die Zwischenwirte die primären Wirte. Wurde später der Zwischenwirt ausgeschaltet, so blieb doch die für die Glykogenspeicherung vor dem Darmparasitismus nötige Blutwanderung.

13. Juli.

Das k. M. Prof. Stefan Meyer übersendet eine Abhandlung, betitelt: **Über Radiolumineszenz und Radio-Photolumineszenz**, von Karl Przibram und Elisabeth Kara-Michailowa.

I. **Qualitative Beobachtungen:** Radio-Photolumineszenz, d. i. die Eigenschaft, nach Vorbehandlung mit Becquerelstrahlen durch gewöhnliches Licht zu länger dauerndem und stärkerem Nachleuchten angeregt zu werden, zeigen außer Kunzit und Flußspat auch noch Apatit von Auburn, Orthoklas, Adular, Wollastonit, Scheelit und manche Turmaline. Die Wirkung wird durch das ganze sichtbare Spektrum hervorgerufen, ebenso durch Ultraviolett, Röntgenstrahlen und die γ -Strahlen selbst; für Infrarot könnte sie bisher nicht nachgewiesen werden. Vorbehandlung des Kunzits mit Röntgenstrahlen hat dieselbe Wirkung, wie die mit Becquerelstrahlen. Kunzit und Fluorit zeigen nach Vorbehandlung mit Becquerelstrahlen erhöhte Tribolumineszenz.

II. **Photometrische Ergebnisse an Kunzit.** Die

Intensität des Lumineszenzlichtes während der β - γ -Bestrahlung nimmt mit der Zeit erst zu, um nach einem sehr flachen Maximum langsam abzufallen.

12. Oktober.

Das w. M. Prof. Felix M. Ewner übersendet folgende zwei Arbeiten von Dr. Anton Schedler, Assistent am Institut für kosmische Physik der Universität Innsbruck:

1. **Die Ergebnisse der österreichischen erdmagnetischen Vermessung am Balkan im Jahre 1918.** Im Auftrage des k. u. k. Kriegsministeriums wurden im Jahre 1918 vom Verfasser an ca. 30 Stationen der österreichisch besetzten Gebiete am Balkan (Serbien, Montenegro und Albanien) erdmagnetische Messungen vorgenommen, und zwar gleichzeitig im Anschluß an deutsche und bulgarische Vermessungen. Die Resultate dieser erdmagnetischen Aufnahme (Deklination, Inklination und Horizontalintensität) sind in obiger Arbeit niedergelegt.

2. **Eine erdmagnetische Nachvermessung von Österreich im Jahre 1918.** Nach Abschluß der Vermessungen am Balkan wurde durch erdmagnetische Messungen an einigen Stationen des Liznarschen Vermessungsnetzes von 1890/0 eine erdmagnetische Neuaufnahme der österreichischen Länder durchgeführt.

Das w. M. Hofrat R. Wettstein überreicht eine Arbeit: **Über die Bildung von Sauerstoff aus Kohlendioxyd durch Eiweiß-Chlorophyll-Lösungen** (vorläufige Mitteilung), von M. Eisler und L. Portheim. Anschließend an die früheren Untersuchungen der Verfasser über Fällungsreaktionen in Chlorophyll- und anderen Farbstofflösungen, wurden Versuche unternommen über den Gasaustausch bei belichteten und verdunkelten Eiweiß-Chlorophyll-Lösungen. Mit dem Haldaneschen Differentialblutgasapparat wurde in belichteten Glasbirnen, welche die Eiweiß-Chlorophyll-Lösung enthielten, ein Überdruck festgestellt. Analysen des Gasraumes über solchen belichteten oder verdunkelten Lösungen, welche mit Benützung des Haldaneschen Gasanalyseapparates vorgenommen wurden, haben gezeigt, daß dieser Überdruck bei Belichtung auf eine Zunahme von Sauerstoff, bei Anwesenheit von CO_2 in der Lösung, zurückzuführen ist.

19. Oktober.

Das k. M. Prof. Stefan Meyer übersendet zwei Abhandlungen, betitelt:

Über den genetischen Zusammenhang zwischen Thor und Uran und über Altersbestimmungen an radioaktiven Mineralien. Die Lebensdauer des Thoriums, von Gerhard Kirsch. Es wird die Frage aufgeworfen, ob das Thorium eine Muttersubstanz in der Uranplejade besitze, aus der es durch α -Strahlung gebildet würde. Nach seinem Atomgewicht würde ein solches Thoriumuran (ThU) zwischen UI und UII stehen und müßte eine Halbwertszeit von etwa 10^8 Jahren haben. Es wird angenommen, daß das Uran ebenso wie alle anderen Elemente, deren Werden nicht noch wie bei den radioaktiven Elementen in Fluß ist, auf der ganzen Erde das gleiche Verbindungsgewicht hat, d. h. überall den gleichen Prozentsatz aller Uranisotopen enthält. Haben diese Isotope verschiedene Lebensdauer, so ändert sich die Zusammensetzung des Urans bloß mit der Zeit. Sein Gehalt an ThU muß sich im Laufe der geologischen Entwicklung nach dem bekannten Zerfallsgesetz geändert haben. Diejenigen Uranerze nun, von denen man infolge ihrer Reinheit annehmen kann, daß sie bei ihrer Entstehung primär kein Thor aufnahmen, müssen heute so viel Thor enthalten, als dem Gehalt des Urans bei der Entstehung des Erzes an ThU entspricht. Ihr Thorgehalt muß also mit ihrem Alter gesetzmäßig zusammenhängen. Die Untersuchungen an Bröggerit, ostafrikanischer und Sankt Joachimstaler Pechblende, als den Erzen, deren Alter durch die Atomgewichtsbestimmung an ihrem Bleigehalt am sichersten bekannt ist, führt zu befriedigender quan-

titativer Übereinstimmung mehrerer Ergebnisse untereinander, und ergibt für die Halbwertszeit des ThU
 $T = 63 \text{ Millionen Jahre.}$

also von der Größenordnung, die für ein zwischen U I und U II stehendes Uranisotop zu erwarten ist. Es werden ferner sämtliche wissenschaftlichen Pechblendeanalysen mit Hinblick auf die Frage des geologischen Alters der Vorkommnisse und auf obige Frage diskutiert. Aus O. Hönigschmids Atomgewichtsziffern für Blei aus Ceyloner Thorianit ergibt sich die Halbwertszeit des Thor

$$T = 1,65 \pm 0,05 \cdot 10^{10} \text{ Jahre,}$$

sowie, daß die Bildung der Ceyloner Thorianite in mindestens zwei verschiedenen Perioden (Alter ca 430 und 580 Millionen Jahre) erfolgte.

Über die chemischen Wirkungen der durchdringenden Radiumstrahlung. 15. Über die Abhängigkeit dieser Wirkung vom absorbierten Strahlenanteil nebst Notiz über die Reduktion von Kaliumpersulfat, von Anton Kailan. Die unter dem Einfluß der durchdringenden Radiumstrahlung erfolgenden Zersetzungen von H_2O_2 in sauren, neutralen und alkalischen Lösungen und von Jodkalium in saurer Lösung werden in Gefäßen von verschiedener Form und Größe mit verschiedenen Strahlenfiltern gemessen. Dabei wird die seitherzeit gemachte Annahme, daß sich die chemische Wirkung auf die primäre β - und die γ -Strahlung im Verhältnis zu der von dem absorbierten Anteil dieser Strahlung erzeugten oder erzeugbaren Zahl der Ionenpaare verteilt, bestätigt gefunden und somit auch die Vermutung, daß der Anteil der γ -Strahlung bzw. der von dieser hervorgerufenen Sekundärstrahlung an der chemischen Wirkung in der eigenen Versuchsanordnung ein sehr beträchtlicher ist.

Das w. M. Prof. Franz Eaner legt vor: **Versuch einer Theorie des Farbensehens.** Im ersten Teil der Arbeit wird auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials untersucht, ob und inwieweit die (Königschen) Grundempfindungskurven sowie die Helligkeitskurven der Monochromaten als Resonanzkurven anzusprechen sind. Es zeigt sich, daß das im allgemeinen wohl der Fall ist und die Annahme eines Resonanzvorganges im Auge den Tatsachen nicht widerspricht.

26. Oktober.

Das k. M. Prof. Dr. O. Abel legt folgenden vorläufigen Bericht von Dr. Kurt Ehrenberg vor: **Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen über die frühesten Entwicklungsstadien (Embryonen und Neonaten) und über die Fortpflanzungsverhältnisse des Höhlenbären aus der Drachenhöhle bei Mixnitz.** Wie die Untersuchung ergab, verlief die früheste Skeletteentwicklung fast vollkommen gleich wie heute beim Braunbären. Diese Übereinstimmung zwischen Höhlenbären und Braunbären ging so weit, daß gleichgroße Individuen beider Arten eine gleich weit fortgeschrittene Verknöcherung zeigten, woraus hervorgeht, daß der Höhlenbär bei der Geburt die gleiche Größe hatte wie der Braunbär und daß in den ersten Lebenstagen gleichgroße Stadien beider Formen als \pm gleichaltrig angesprochen werden können.

9. November.

Das k. M. Prof. Stefan Meyer übersendet eine Abhandlung betitelt **Über die relative Ionisation längs der Bahn von α -Strahlen in verschiedenen Gasen, von Fritz Hauer.** Es wird die Ionisierung längs der Bahn eines Bündels paralleler α -Strahlen in Luft, Sauerstoff, Helium und Kohlensäure gemessen und dabei gefunden, daß die Zahl der pro Längeneinheit der Bahn erzeugten Ionen mit der Entfernung von der Strahlenquelle (Polonium) um so rascher zunimmt, je leichter das durchstrahlte Gas ist, daraus wird der Schluß gezogen, daß der Energieverlust, den ein α -Teilchen bei der Erzeugung eines Ionenpaares in einem bestimmten Gase erleidet, nicht allein durch

die zur Ionisierung notwendige Arbeit gegeben ist, sondern daß zu dieser Arbeit noch ein von der Geschwindigkeit des α -Teilchens und der Schwere des durchstrahlten Gases abhängiger Energiebetrag hinzukommt.

Derselbe übersendet ferner eine Notiz aus dem Institut für Radiumforschung: **Über die Änderung des Pleochroismus des Kunzits durch Becquerelstrahlen** von Karl Przibram. Durch die bekannten Untersuchungen von J. Joly und von O. Mügge sind die pleochroitischen Höfe in verschiedenen Mineralien auf die Wirkung der α -Strahlen radioaktiver Substanzen zurückgeführt worden, und sie konnten auf diesem Wege auch künstlich nachgebildet werden. Über Pleochroismus durch β - und γ -Strahlen verfarbter Substanzen scheint wenig bekannt zu sein. Ein schönes Beispiel der Beeinflussung des Pleochroismus durch die durchdringenden Becquerelstrahlen wurde nun bei der Bestrahlung einer Anzahl von Kunzitstücken aufgefunden. Man wird durch die Beobachtungen dazu geführt, den färbenden Teilchen, als die man wohl zu meist ausgeschiedenes Metall annimmt, Anisotropie, entweder der Form oder der Anordnung, zuzuschreiben. Daß sie aber etwa im Kristallgitter angeordnet bleiben, folgt hieraus nicht, denn Sénarmont hat gezeigt, daß durch nicht kristalline Farbstoffe gefärbte, sonst farblose doppelbrechende Kristalle auch Pleochroismus zeigen, obwohl hier von einer Einordnung in das Kristallgitter wohl kaum die Rede sein kann. Es wird offenbar durch die Kristallstruktur auf die Farbteilchen irgendein Zwang ausgeübt, wie ja auch durch Natrium blau gefärbtes Steinsalz nach einer Beobachtung von F. Cornu unter gerichtetem Druck pleochroitisch wird.

Das w. M. F. Becke hält einen Vortrag über **Stoffwanderung bei der Metamorphose.** Kürzlich hat V. M. Goldschmidt in Christiania dargetan, daß der Phyllit des Kaledonischen Gebirges dort, wo er von Intrusivgesteinen durchsetzt ist, eine Umwandlung in höher kristalline Schiefer erfährt, die nur durch Zufuhr von Kieselsäure und Feldspatbasen, hauptsächlich Kalk und Natron, erklärt werden kann. Wenn diese Vorstellung richtig ist, müßten diese Stoffmengen dem Intrusivgestein fehlen. Diese Folgerung hat der Vortragende an dem Granitgneis der Hohen Tauern geprüft und gefunden, daß in der Tat im Granitgneis ein Abgang von Kieselsäure und Feldspatbasen nachzuweisen ist, während im Nebengestein eine Zufuhr dieser Substanzen stattfindet.

Das w. M. Hofrat J. M. Eder macht eine Mitteilung über: **Photometerpapiere mit hoher Grün-Gelb-Empfindlichkeit für photographische Photometrie.** Chlor-silbergelatinepapier, dessen Maximum der Eigenempfindlichkeit im spektralen Ultraviolett und Violett liegt, kann bekanntlich für den direkten photographischen Schwärzungsprozeß durch rote Farbstoffe, z. B. Erythrosin, Rhodamin für Gelb und Grün sensibilisiert werden. Die dunkle, rote Färbung solcher Papiere erschwert sehr die Ablesung geringer photographischer Schwärzungen im Graukeilphotometer. Es wurde nun die neue Beobachtung gemacht, daß das gelbe Pinaflavol der Farbwerke in Höchst a. M. sowohl Chlor- als auch Bromsilberpapier beim direkten Schwärzungsprozeß in hohem Grade empfindlich für Grün und Gelb macht. Die Grün-Gelb-Empfindlichkeit des Pinaflavol-Chlorsilber-Auskopierpapiers übertrifft seine Blauempfindlichkeit um ungefähr das Fünf- bis Sechsfache (gemessen bei elektrischem Kohlenbogenlicht im Eder-Hechtschen Graukeilphotometer), während vor dem Anfärben mit Pinaflavol die Grünempfindlichkeit des Chlorsilber-Nitritpapiers nur etwa $\frac{1}{30}$ der Blauempfindlichkeit beträgt. Die Gesamtempfindlichkeit des Pinaflavol-Chlorsilbers gegen weißes elektrisches Kohlenbogenlicht wird zufolge der gesteigerten Grün-Gelb-Empfindlichkeit um ungefähr das Siebenfache, gegen Tageslicht noch mehr erhöht.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 24. (Seite 461—484.)

15. Juni 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über das stereophotometrische Verfahren zur Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter.
Von *J. v. Kries, Freiburg i. Br.* S. 461.

Das Problem des tierischen Farbensinnes. Von
K. v. Frisch, Rostock. S. 470.

Besprechungen:

Rinne, F., Kristallographische Formenlehre und Anleitung zu kristallographisch-optischen sowie röntgenographischen Untersuchungen. 4. und 5. Auflage. Von *P. P. Ewald, Stuttgart.* S. 477.

Kohlrausch, Friedrich, Lehrbuch der praktischen Physik. 14. Auflage. Vorwort. S. 477.

Goetz, A., Physik und Technik des Hochvakuums. Von *A. Gehrts, Berlin.* S. 478.

Waßmuth, A., Grundlagen und Anwendungen der statistischen Mechanik. Von *P. Hertz, Göttingen.* S. 478.

Tropfke, J., Geschichte der Elementarmathematik in systematischer Darstellung mit besonderer

Berücksichtigung der Fachwörter. 4. Bd. Ebene Geometrie. 2. Auflage. Von *Friedrich Drenkhahn, Rostock.* S. 478.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die ethnographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse Ungarns. S. 479.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Einfluß von Temperatur und Wind auf die Schallausbreitung. S. 480.

Seespiegelschwankungen des Toten Meeres und das Klima Palästinas. S. 480.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 481 bis 482.

Die Danziger Naturforschende Gesellschaft:

Die Vergleichbarkeit des Alters bei Tieren.

Die Mauereidechse als physiologisches

Reagens auf Gifte.

Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 1922. S. 482—484.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Vor kurzem erschien:

Die Stereoskopie im Dienste der Photometrie und Pyrometrie

Von **Carl Pulfrich**

Mit 32 Abbildungen (IV, 94 Seiten)

G. Z. 3,6

Die Grundzahl (G.Z.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“
Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 4800.— M. für Juni 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck- für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer.
Konten für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Seriengesetze der Linienspektren

Gesammelt von **F. Paschen** und **R. Götze**

(IV, 154 Seiten, Format 16×24 cm)

Gebunden GZ. 11

Die in letzter Zeit gesteigerte und schon lange nicht mehr zu befriedigende Nachfrage nach der Dissertation von B. Dunz, Tübingen 1911 hat den Verfasser veranlaßt, die Seriensammlung von Dunz zu vervollständigen und umzuarbeiten. An der Zusammenstellung ist außer F. Frommel (Tübinger handschriftliche Dissertation 1921) besonders R. Götze beteiligt. Die Vervollständigung bezieht sich hauptsächlich auf die seit 1911 bekanntgewordenen Gesetzmäßigkeiten, die Umarbeitung auf eine bessere Anpassung an heutige theoretische Gesichtspunkte. Das Beobachtungsmaterial ist meistens noch das frühere (Wellenlängen nach Rowlands Einheiten). Den Tabellen geht eine Einleitung voran, die einiges aus der praktischen Serienforschung zusammenstellt, das, was dem Verfasser als ihre elementarste Grundlage erscheint.

Inhaltsverzeichnis. **Einleitung** (Paschen): I. Allgemeine Serienanordnung. II. Differenzierung der Terme. III. Wie findet man eine Serie und ihre Grenze? IV. Die Quantenbeziehungen der Spektralgesetze. — **Die Serienspektren:** Serienformel des Wasserstoffes und des ionisierten Heliums / Wasserstoff / Helium, Funkenspektrum / Helium, Bogenspektrum / Neon / Argon Lithium / Natrium / Kalium / Rubidium / Caesium / Kupfer / Silber / Beryllium / Kalzium / Strontium Barium / Radium / Magnesium / Zink / Cadmium / Quecksilber / Kohlenstoff, Bor. / Aluminium Skandium / Yttrium / Lanthan / Neoytterbium / Gallium / Indium / Thallium / Silizium / Sauerstoff Schwefel / Selen / Mangan / Zusammenstellung der s-Terme der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $ms-(m+1)s$ der Bogenspektren / Tabelle der Terme mp der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $mp-(m+1)p$ der Bogenspektren / Tabelle der Terme md der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $md-(m+1)d$ der Bogenspektren / Werte $109\,737,1/(m+a)^2$ und der Differenzen / Tabelle der Terme mf der Bogenspektren / Die experimentell festgelegten Zeemantypen der Serienlinien.

Die Grundsatz (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Über das stereophotometrische Verfahren zur Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter.

Von J. v. Kries, Freiburg i. B.

Zum Zwecke einer Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter hat *Pulfrich*¹⁾ ein Verfahren angegeben, das auf den Verhältnissen der binokularen Tiefenwahrnehmung beruht, und dem er deshalb den Namen des *stereophotometrischen* gegeben hat. Die Grundtatsache, auf der es beruht, ist die folgende. Lassen wir vor einem hellen Hintergrund einen dunkeln senkrechten Stab in einer frontalen Ebene von rechts nach links und von links nach rechts hin und her gehn, so erhalten wir unter gewöhnlichen Bedingungen in Übereinstimmung mit dem objektiven Verhalten den Eindruck, daß der Stab sich in einer frontalen Ebene bewegt. Bringen wir nunmehr vor das eine Auge ein Rauchglas, so daß die einwirkenden Lichter für dieses abgeschwächt sind, so erhalten wir den Eindruck, daß jeder Punkt des Stabes sich in einer horizontalen Ellipse bewegt; in der Mitte seiner Bahn erscheint er uns also entfernter, wenn er sie in der einen, als wenn er sie in der entgegengesetzten Richtung durchläuft. Die Erscheinung wird als die der „kreisenden Marke“ bezeichnet. Die Erklärung liegt in der folgenden Erwägung. Zwischen dem Einsetzen eines Reizes und dem Entstehen der Empfindung findet in jedem Falle ein gewisser Zeitverlust statt, der sich aber in seinem Betrage nach der Stärke des Reizes richtet, und zwar mit wachsender Reizstärke abnimmt. Erhält also z. B. das rechte Auge stärkeres Licht als das linke, so wird das rechtsäugige Bild eines bewegten Gegenstandes dem linksäugigen ein wenig voraneilen. In derjenigen Phase, wo der Stab sich nach rechts bewegt, muß daher das rechtsäugige Bild etwas mehr nach rechts, das linksäugige mehr nach links gelegen sein. In derjenigen Phase dagegen wo die Bewegung nach links gerichtet ist, ist das Gegenteil der Fall, das rechtsäugige Bild liegt mehr links, das linksäugige mehr rechts. Die allgemeine Bedingung für das Entstehen binokularer Tiefeneindrücke, eine Ungleichheit des von dem einen und anderen Auge Gesehenen, und zwar eine Rechts-Links-Verschiebung ist also hier gegeben. Nach den allgemeinen Regeln binokularer Tiefenwahrneh-

mung ist zu erwarten, daß der Stab im ersteren Falle in größerer, im letzteren in geringerer Entfernung wahrgenommen wird. Dem entspricht auch die Beobachtung. Der Stab scheint sich so zu bewegen, daß er in der entfernteren Hälfte seiner Bahn von dem verdunkelten zum heller sehenden Auge läuft. Die Scheinbewegung geht im Uhrzeigersinne, wenn das rechte Auge helleres, im entgegengesetzten, wenn das rechte Auge schwächeres Licht erhält als das linke. — Läßt man nun das eine Auge statt durch ein Rauchglas durch ein farbiges Glas schauen, so ist das gleiche zu beobachten. Dies kann nicht überraschen, da ja auch das farbiges Glas von dem einwirkenden Licht irgendwelche Teile absorbiert und also im ganzen verdunkelnd wirkt. Bringt man nun, während das eine Auge durch ein farbiges Glas blickt, vor das andere farblose Gläser von abstufbarer Dunkelheit, so findet man für die letzteren einen bestimmten Dunkelheitsgrad, bei dem der Stab sich genau in einer frontalen Ebene zu bewegen scheint, während seine Bewegung bei der Anwendung eines helleren oder dunkleren im einen oder im entgegengesetzten Sinne „kreisend“ gesehen wird. Hiermit ist nun für die Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter eine feste Grundlage gewonnen. „Wir gelangen, sagt *Pulfrich*, zu der folgenden Definition gleicher Helligkeiten: Wir bezeichnen die Helligkeiten zweier Farben als gleich, wenn die Zeit zwischen Erregung und Empfindung für beide Farben gleich groß ist, und erkennen diese Gleichheit daran, daß in dem Augenblick, in dem die als kreisende Marke der Beobachtung zugänglich gemachte Zeitdifferenz der beiden Empfindungen verschwindet, die kreisende Bewegung in eine geradlinige übergeht“ (a. a. O. S. 37).

Es unterliegt m. E. keinem Zweifel, daß die Art, in der *Pulfrich* die Erscheinungen auffaßt, insbesondere die Zurückführung des Stereoeffekts auf die zeitlichen Verhältnisse der physiologischen bzw. psychologischen Vorgänge grundsätzlich vollkommen zutrifft. Fraglich kann allerdings erscheinen, ob es genügt, einfach von der Zeitdifferenz zwischen Reiz und Empfindung zu sprechen. Von vornherein erscheint es z. B. nicht ganz sicher, ob es für den Stereoeffekt auf den Zeitpunkt ankommt, in dem die Empfindung beginnt, oder auf denjenigen, in dem sie ihren Höchstwert erreicht usw. Wir werden unten auf

¹⁾ *Pulfrich*, Die Stereoskopie im Dienste der isochromen und heterochromen Photometrie, diese Zeitschrift 1922, S. 553, 569, 596, 714, 735 und 751. Buchausgabe unter dem Titel Die Stereoskopie im Dienste der Photometrie und Pyrometrie, Berlin 1923.

diese Fragen noch kurz zurückkommen. Sie können jedoch zunächst auf sich beruhen bleiben, und wir können die Definition etwa dahin abändern, daß gleich hell Farben genannt werden sollen, wenn für sie der für den Stereoeffekt maßgebende Zeitwert übereinstimmt.

Auch unter rein physiologischen Gesichtspunkten sind die hier zugrunde gelegten Tatsachen von großem Interesse, und ich habe demgemäß in meinem Institut Versuche in Angriff nehmen lassen, die sich in verschiedenen Richtungen damit beschäftigen. Aus diesen noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen möchte ich hier schon jetzt einiges mitteilen, was gerade für die praktische Aufgabe der ungleichfarbigen Helligkeitsvergleichung von Bedeutung ist²⁾.

Man muß zunächst beachten, daß wir es hier mit einer *Definition* der Helligkeitsgleichheit zu tun haben, die, auch wenn sie sich als eine besonders zweckmäßige und wertvolle herausstellt, doch immer die Bedeutung einer *Übereinkunft* hat, und der andere Definitionen der Helligkeitsgleichheit entgegengestellt werden können. So können z. B. auch zwei Lichter gleich hell genannt werden, wenn sie bei Beobachtung auf kleinsten Feldern oder mit stark exzentrischen Teilen der Netzhaut (an der äußersten Peripherie des Gesichtsfeldes), unter welchen Bedingungen keine Farben gesehen, wohl aber Helligkeitsunterschiede mit beträchtlicher Genauigkeit wahrgenommen werden, gleich erscheinen. Wir pflegen in der Physiologie, um Mißverständnisse auszuschließen, in den beiden letzteren Fällen zwei Lichter *minimalfeldgleich* oder *peripheriegleich* zu nennen. Um auch für das Pulfrichsche Verfahren eine kurze Bezeichnung zu haben, will ich zwei Lichter, die bei diesem als gleich bewertet werden, *stereogleich* nennen. Ob nun z. B. stereogleiche Lichter immer auch minimalfeldgleich sind, das ist zunächst eine offene Frage. Das gleiche gilt aber auch für diejenigen Vergleichen, die ohne besondere Hilfsmittel unmittelbar nach dem Helligkeitseindruck gemacht werden. Wählen wir hierfür die Bezeichnung der *Eindrucksgleichheit*, so können wir also fragen, ob stereogleiche Lichter auch eindrucksgleich sind; d. h. ob zwei Lichter, die nach dem Stereoverfahren als gleich bewertet werden, auch in der unmittelbaren Betrachtung den Eindruck gleicher Helligkeit machen. Der Beantwortung dieser Frage steht allerdings die beträchtliche Unsicherheit des auf dem unmittelbaren Eindruck beruhenden Vergleichs entgegen. Indessen ist an die Möglichkeit zu denken, daß Eindrucksgleichheit und Stereogleichheit so stark auseinanderfallen, daß trotz dieser Unsicherheit Unterschiede unzweideutig bemerkbar werden.

Die Frage, ob stereogleiche Lichter auch eindrucksgleich sind, führt sogleich auf eine weitere, die auch für die Stereomethode an sich von großer Bedeutung ist. Für die Eindrucksgleichheit gilt, wie bekannt, daß sie in hohem Maße von der *absoluten Stärke* der verglichenen Lichter und, was im allgemeinen damit verknüpft ist, von dem *Adaptionszustande* des Auges abhängt. Unter dem Namen des *Purkinjeschen Phänomens* ist seit langem die Tatsache geläufig, daß, wenn wir zwei ungleichfarbige Lichter, die bei hohen Intensitäten und hell adaptiertem Auge den Eindruck gleicher Helligkeit machen, proportional abschwächen und dabei zugleich den Adaptionszustand des Auges sich in der entsprechenden Weise ändern lassen, sich das Helligkeitsverhältnis zugunsten des kurzwelligen Lichtes verschiebt. Diese Verschiebungen können unter Umständen ungemein stark sein. Vergleicht man z. B. rein rote Lichter (deren Wellenlänge nicht unter 700 μ heruntergeht) mit blauen, und geht von einem Stärkeverhältnis aus, bei dem die beiden Lichter bei hohen Intensitäten und Helladaption etwa gleich hell erscheinen, so wird bei proportionaler Abschwächung und Dunkeladaption das rote bereits vollständig unsichtbar (unterschwellig), wenn das blaue noch in ansehnlicher Helligkeit sichtbar ist.

Auch für das Pulfrichsche Verfahren muß nun die Frage aufgeworfen werden, ob das Verhältnis der Stereogleichheit von der absoluten Intensität und dem Zustande des Sehorgans unabhängig ist, m. a. W. ob, wenn zwei ungleichfarbige Lichter sich unter bestimmten Bedingungen als stereogleich erweisen, dieses Verhältnis bestehen bleibt, wenn die Stärken beider Lichter in beliebigem Maße proportional vermehrt oder vermindert werden und zugleich der Zustand des Sehorgans sich in der entsprechenden Weise verändert. Es liegt, wie ich betonen möchte, keinerlei Berechtigung vor, dies von vornherein als selbstverständlich vorauszusetzen. Es ist aber von einigem Interesse, die beiden Möglichkeiten gegenüberzustellen, an die zunächst zu denken ist, und zwischen denen nur der Versuch entscheiden kann. Ist die Stereogleichheit von Adaption und absoluter Lichtstärke unabhängig, so kann sie jedenfalls nicht durchgängig mit der Eindrucksgleichheit zusammenfallen; es muß vielmehr unter gewissen Umständen vorkommen, daß stereogleiche Lichter für die unmittelbare Betrachtung keineswegs den Eindruck gleicher Helligkeit machen. Wenn anderseits die Beziehung der Stereogleichheit mit der der Eindrucksgleichheit durchgängig zusammentrifft (wenigstens mit dem Grad der Genauigkeit, den die Vergleichung der Eindruckshelligkeiten überhaupt gestattet), so muß auch die Stereogleichheit in mindestens ähnlicher Weise wie die Eindrucksgleichheit von Lichtstärke und Adaption abhängen. Man könnte in diesem letzteren Falle sagen, daß auch die Stereophotometrie das Purkinje-Phänomen zeigt. Ob

²⁾ Die Versuche werden in meinem Institut von den Herren Dr. Engelking und Dr. Poos ausgeführt, die nach Abschluß der ganzen Untersuchung an anderer Stelle darüber berichten werden.

nun das eine oder das andere zutrifft, das ist in verschiedenen Richtungen von großem Interesse, namentlich aber auch für die Bewertung der Stereomethode von grundlegender Bedeutung. Wir haben daher diese Frage zum Ausgangspunkt der Untersuchungen genommen. Es wurde demgemäß zunächst für ein rotes Glas geprüft, ob die Einstellung auf Stereogleichheit mit einem grauen, die mit gut helladaptiertem Auge und relativ hohen Lichtstärken gewonnen war, gültig bleibt oder geändert werden muß, wenn die Lichter proportional abgeschwächt werden und das Auge ein gewisses Maß von Dunkeladaption erhält.

In betreff des benutzten Verfahrens darf ich mich hier auf kurze Andeutungen beschränken. Vermittels eines durch Elektromotor angetriebenen, Exzenters wurde ein senkrechter Streifen schwarzen Tuchpapiers von 10 mm Breite und 50 mm Höhe in einer zum Beobachter frontalen Ebene vor weißem Hintergrunde hin und her bewegt. Vielfach wurde übrigens auch die umgekehrte Anordnung, Bewegung eines weißen Streifens vor schwarzem Grunde benutzt. Die Periode der Bewegung konnte innerhalb weiter Grenzen geändert werden, wurde aber in der Regel auf etwa 0,8 Sekunde (für den ganzen Hin- und Hergang) normiert. Die Exkursion der Bewegung betrug in der Regel 14 cm, konnte übrigens ebenfalls innerhalb ziemlich weiter Grenzen geändert werden. Beobachtet wurde aus einem Abstand von etwa 50 cm. Der Beobachter hatte den Kopf durch Benutzung einer Kinnstütze annähernd zu fixieren. Sein eines Auge blickte durch das zu prüfende farbige Glas. Vor dem anderen befand sich ein Goldbergscher Verdunkelungskeil, der mit horizontaler brechender Kante angeordnet war, so daß durch seine senkrechte Verstellung der Grad der Verdunkelung abgestuft werden konnte. Diese Verstellung wurde durch eine mit Millimeterskala und Nonius versehene Triebeinrichtung bewirkt. Natürlich ist es notwendig, Sorge zu tragen, daß das Auge nicht bei bestimmter Stellung des Keils durch wechselnde Stellen desselben blicken kann. Aus diesem Grunde wurde ein Blechschirm mit einem wagerechten Schlitz von 3,5 mm Höhe unmittelbar vor dem Glaskeil angebracht, so daß die Fläche des Keils auf dem Schirm schleifte. Der Beobachter mußte dann das Auge so einstellen, daß der Schlitz in seiner ganzen Höhe sich vor der Pupille befand. Da hierdurch die Pupillenapertur für das durch den Keil beobachtende Auge verkleinert wird, so war es notwendig, auch vor dem anderen Auge einen Schlitz von der gleichen Form und Größe anzubringen. Es sei noch erwähnt, daß die Einrichtung mit dem Goldbergischen Keil in der Mitte eines passenden Trägers montiert wurde, die Einrichtung für das zu prüfende farbige Glas aber doppelt, sowohl rechts wie links von diesem angebracht wurde. Auf diese Weise konnte das

farbige Licht dem linken und das abzustufende farblose Licht dem rechten Auge geboten oder auch die umgekehrte Anordnung benutzt werden.

Die Variierung der Beleuchtung geschah durch die Benutzung der annähernd lichtdichten Rolläden, mit denen die Fenster des Beobachtungszimmers versehen sind. Die Höchstbeleuchtung war also dadurch gegeben, daß der Beobachtungsraum durch alle die vier großen Fenster, die er besitzt, Licht erhielt. Durch Abdunkelung von einem, zwei Fenstern usw., schließlich dadurch, daß von einem letzten Fenster fortschreitend größere Teile abgedunkelt wurden, konnte eine Reihe immer schwächerer Beleuchtungen bis zu sehr geringen Graden, wenn auch nicht bis zu absoluter Dunkelheit, erzielt werden. Daß das Licht bei dieser Veränderung seiner Stärke auch geringe Änderungen seiner Zusammensetzung erfahren haben mag, können wir nicht ausschließen, doch dürften diese von sehr geringem Betrage und für die erhaltenen Ergebnisse jedenfalls ohne nennenswerte Bedeutung gewesen sein. Bei dem Übergang zu geringeren Beleuchtungen ließen wir stets einige Zeit verstreichen, damit das Auge sich für die veränderte Helligkeit angepaßt hatte, ehe die Beobachtung begann.

Es zeigte sich nun, daß die Stereogleichungen, unter den erwähnten Bedingungen nicht gültig bleiben, daß sie sich aber nicht im Sinne des Purkinjeschen Phänomens, sondern im entgegengesetzten Sinne ändern. Mit Lichtverminderung und Dunkeladaption wird die Stereohelligkeit des Grau relativ vermindert und die des Rot relativ vermehrt. Als Beleg hierfür diene die nachstehende Tabelle, die die Ergebnisse je dreier Versuchsreihen von zwei Beobachtern enthält. Im ersten Stabe sind die Helligkeitsstufen aufgeführt, wobei 1 die höchste Helligkeit und die fortschreitenden Zahlen die zunehmende Verdunkelung bezeichnen. Die anderen Stäbe enthalten die Einstellungen des Graukeils, die bei der betreffenden Helligkeit erforderlich waren, um das farblose Licht dem roten stereogleich zu machen.

Einstellung
des Rauchglaskeils auf Stereogleichheit mit Rot.

Helligkeitsstufe	Beobachter A			Beobachter B		
1	—	23,2	23,6	—	23	23,6
7	21,5	21,4	20,7	20,8	21,8	19,9
8	19,2	18	18,7	18,1	17,6	17,2
9	15,3	15,2	14,5	13	12,9	12,4
10	14,1	12,9	12,9	7,1	6,5	5
11	4	3,4	2	—1	—0,4	—1,9
12	—1,8	—2	—2,3	—2,3	—3	—3,5

Für die Zahlen, die die Stellung des Rauchglaskeils angeben, ist zu beachten, daß bei der Einstellung auf —4,5 die Kante des Keils vor der Mitte des Beobachtungsschlitzes steht; bei dieser Stellung findet also noch keine Verdunkelung

lung statt. Die zunehmenden Zahlen zeigen Stellungen an, bei denen dickere und dickere Teile des Keils vor den Beobachtungsschlitz kommen, entsprechen also der fortschreitenden Abschwächung des farblosen Lichtes.

Man sieht sehr deutlich und in einer durchweg nahezu übereinstimmenden Weise, daß mit abnehmender absoluter Lichtstärke ein relativ immer helleres farbloses Licht dem roten stereogleich ist. Die Verschiebung der für die Stereogleichheit erforderlichen Verhältnisse ist eine außerordentlich beträchtliche. Denn wie die Eichung des Keils ergab, werden bei der Stellung — 2,5 etwa 80 %, bei der Einstellung auf 23 nur etwa 4 % von dem auffallenden Licht durchgelassen.

Aus dieser Tatsache folgt nun auch, daß von den beiden oben erwähnten Möglichkeiten die zweite zutrifft: *Stereogleichheit und Eindrucks-gleichheit müssen unter Umständen sehr auseinanderfallen*. Hiervon kann man sich denn auch ohne messende Beobachtung direkt überzeugen.

Man braucht nur durch abwechselndes Schließen des einen und des anderen Auges sich das, was das eine und andere sieht, vergleichbar zu machen. Tut man dies bei hoher Beleuchtung und derjenigen Einstellung des Rauchglaskeils, die für diese das farblose Licht dem roten stereogleich macht, so erscheinen die vom rechten und linken Auge gesehenen Helligkeiten dem Eindruck nach annähernd gleich. Verfährt man dagegen in derselben Weise bei sehr herabgesetzter Beleuchtung und derjenigen Einstellung des Keils, die in diesem Falle zur Erzielung der Stereogleichheit erforderlich ist, so erscheint das durch das rote Glas Gesehene *bei weitem dunkler*.

Den gefundenen Sachverhalt können wir auch etwas anders formulieren, und wir gelangen so dazu, die Erscheinung mit bekannten Tatsachen in Verbindung zu setzen und des Überraschenden oder Paradoxen zu entkleiden, das sie auf den ersten Blick zu haben scheint. Wir können nämlich sagen, daß zwei Lichter ungleicher Farbe die sich dem unmittelbaren Eindruck nach, als gleich hell darstellen, hinsichtlich ihrer zeitlichen Verhältnisse beträchtlich verschieden sein können. Daß dies unter gewissen Bedingungen vorkommt, ist nun wohl bekannt. Auch sind wir durch unsere gegenwärtigen Anschauungen von der Einrichtung des Sehorgans mit großer Wahrscheinlichkeit darüber unterrichtet, worauf das beruht. Um dies darzulegen, muß ich hier mit einigen Worten auf den maßgebenden Punkt dieser Anschauungen eingehen, um so mehr, als sie, wie gerade die Arbeiten *Pulfrichs* erkennen lassen, in den Kreisen der Physiker noch nicht dasjenige Maß von Beachtung gefunden haben, das man wünschen könnte. Nach einer auf eine Fülle der verschiedenartigsten Tatsachen gestützten und, wenn nicht ganz durchgängig, doch in weiter Verbreitung für zutreffend erachteten Anschauung wird angenommen, daß das Sehorgan

sich aus zwei Bestandteilen zusammensetzt, deren einer dem „Tagessehn“, der andere dem „Dämmerungsehn“ dient. Bleibt die Beleuchtung, bei der wir uns befinden, unter einer gewissen Grenze, so kommt allein der letztere in Tätigkeit, weil die Lichter für den ersteren unerschwellig sind. Bei hohen Lichtstärken funktioniert, wenn nicht allein, so doch ganz überwiegend, der erstere. Bei mittleren Beleuchtungen greift die Tätigkeit beider in einer quantitativ abstufbaren Weise ineinander. Die beiden Bestandteile sind mit verschiedenen Empfängern ausgerüstet und daher in der Netzhaut in einer anatomisch erkennbaren Weise gesondert: der erstere, dem Tagessehn dienende besitzt als Empfänger die *Zapfen*, der dem Dämmerungsehn dienende dagegen die *Stäbchen*. Es ist diese Anschauung, die jetzt gewöhnlich kurz als *Duplizitätstheorie* des Sehorgans bezeichnet wird³⁾.

Die Dämmerungsorgane sind total farbenblind, d. h. sie sind nur zur Wahrnehmung von hell und dunkel befähigt, ermangeln aber jeglicher Farbenunterscheidung, wie das die bekannten und charakteristischen Erscheinungen des Dämmerungsehens lehren. Sie sind es ferner, die ganz vorzugsweise die weitgehenden, als Hell- und Dunkeladaption bekannten Zustandsänderungen durchlaufen können, Zustandsänderungen, die in der gewaltigen Steigerung der Empfindlichkeit bei längerem Aufenthalt im Dunkeln zur Erscheinung kommen und auf dem wechselnden Gehalt der Stäbchen an *Sehpurpur* beruhen. — Im gegenwärtigen Zusammenhange sind noch zwei weitere Unterschiede zwischen den Tages- und den Dämmerungsorganen von Bedeutung. Sie unterscheiden sich erstlich dadurch, daß die Zapfen gegen langwelliges, die Stäbchen gegen kurzwelliges Licht relativ empfindlicher sind. Wie bekannt, liegt im prismatischen Spektrum des Sonnenlichts bei hohen Lichtstärken das Maximum der Helligkeit etwa beim Natriumgelb (Wellenlänge 589 μ). Das lichtschwache, mit dunkeladaptiertem Auge Gesehene Spektrum hat dagegen die hellste Stelle etwa bei 536 μ . Das rote Ende des Spektrums ist

³⁾ Ich habe diese Hypothese im Jahre 1894 aufgestellt und in den folgenden Jahren an einem großen und mannigfachen Tatsachenmaterial des genaueren entwickelt und begründet resp. bestätigt. Der Leser, der sich dafür interessiert, sei auf die zusammenfassende Darstellung verwiesen, die ich im Jahre 1904 in Nagels Handbuch der Physiologie gegeben habe (Abschnitt „Gesichtsempfindungen“, Bd. III, S. 168 bis 193). Dort ist auch über die Beteiligung anderer Forscher, namentlich des französischen Augenarztes *Parinaud*, an dem gleichen Gedanken das Erforderliche angegeben. Hier sei noch erwähnt, daß der Ausgangspunkt der Theorie in den von *König* entdeckten Tatsachen gegeben war, die er als „Abweichungen vom Newtonschen Farbmischungsgesetz“ bezeichnete. Sie bestehen darin, daß unter Umständen Lichter oder Lichtgemische, die bei hohen Lichtstärken vollkommen gleich aussehen, bei proportionaler Herabsetzung aller beteiligten Lichter ungleich werden.

unter diesen Bedingungen gar nicht sichtbar, das Spektrum erscheint am langwelligen Ende verkürzt. Bezeichnet man die unter diesen letzteren Bedingungen zu beobachtenden Reizwerte als „Dämmerungswerte“, so kann man sagen, daß die Dämmerungswerte ihren Höchstwert etwa bei 536μ besitzen, für rotes Licht aber praktisch gleich Null sind.

In diesem Verhältnis liegt nun zunächst die Erklärung des Purkinjeschen Phänomens; je mehr bei abnehmender Lichtstärke und Dunkeladaption der Dämmerungs-Bestandteil in den Vordergrund tritt, um so mehr erscheinen die kurzwelligen Lichter begünstigt. Der andere hier ganz besonders wichtige Punkt ist der, daß die beiden Bestandteile hinsichtlich ihrer zeitlichen Verhältnisse beträchtlich verschieden sind. Und zwar sind es die Stäbchen, die etwas träger oder verzögert reagieren. Der einfachste und durchsichtigste Versuch, durch den man sich hiervon überzeugen kann, ist der folgende. Man befestigt auf einem tiefschwarzen Grund ein blaues und ein rotes Papierstreifen, am besten zwei Quadrate übereinander, so daß die rechten und linken Ränder von beiden in dieselbe Gerade fallen. Diese betrachtet man bei stark herabgesetzter Beleuchtung, und zwar vermindert man diese am besten soweit, daß an dem blauen Feldchen die Farbe nicht mehr deutlich erkennbar ist. Bewegt man nun das Blatt schnell von rechts nach links oder umkehrt, ohne mit dem Blick zu folgen, so sieht man sehr deutlich, wie der Rand des roten Papiers dem des blauen ein wenig vorausläuft. Dies ist namentlich auch dann der Fall, wenn man die Papiere so gewählt hat, daß bei der herabgesetzten Beleuchtung das blaue Papier beträchtlich heller als das rote erscheint. Auch in mancherlei anderer Weise machen sich diese Ungleichheiten der zeitlichen Verhältnisse geltend. Läßt man z. B. in einem sonst ganz dunklen Raum und bei gut dunkeladaptiertem Auge ein mäßig helles gesättigt blaues Objekt durch das Gesichtsfeld hingleiten, so sieht man einen schmalen voranlaufenden Rand tiefblau; an ihn schließt sich ein unter Umständen beträchtlich hellerer weißer Schweif, der das etwas spätere Einsetzen und die längere Dauer der Stäbchen-erregung anzeigt⁴⁾. Eine schon von alten Zeiten her bekannte Erscheinung, die hierher gehört und in diesem Zusammenhange ihre Erklärung findet, ist die der sogen. *flatternden Herzen*. Sie besteht in folgendem. Wenn man auf farbigen Tafelchen Figuren von einer anderen Farbe anbringt und dann die Tafelchen hin und her bewegt, so hat man unter gewissen Bedingungen den frappierenden Eindruck, daß die Figuren auf den Tafelchen ein wenig hin

und herrütschen. Die Bewegung der Figur und des Grundes erfolgt scheinbar nicht gleichzeitig, sondern zeitlich gegeneinander verschoben. Die Erscheinung ist am schönsten zu sehen, wenn man blaue oder blaugrüne Figuren auf rotem Grunde (oder umgekehrt) verwendet und bei etwas herabgesetzter Beleuchtung beobachtet. Man hat dann zwei Farben, von denen die eine ausschließlich auf die Zapfen, die andere dagegen überwiegend auf die Stäbchen wirkt.

Diese wie gesagt wohlbekannten Tatsachen ergeben nun ohne weiteres die Erklärung der erwähnten Erscheinung. Vergleichen wir rotes und farbloses Licht nach der Stereomethode zunächst bei hohen Lichtstärken und helladaptiertem Auge, so wird dem Rot ein Grau stereoeleich gefunden, das mit ihm annähernd die gleiche Zapfenhelligkeit besitzt. Dabei sind die Dämmerungswerte der beiden Lichter überaus verschieden, der des Rot verschwindend gering im Vergleich zu dem des Grau. Setzen wir nun die Helligkeit herab, und gewinnen die Augen allmählich einen gewissen Grad von Dunkeladaption, so gewinnt das Grau gegenüber dem Rot an Eindrucks-helligkeit. Dieser Gewinn beruht aber auf der Beimischung der trägeren Stäbchenfunktion, und so wird der Stereowert des Grau dabei nicht wie die Eindrucks-helligkeit vermehrt, sondern im Gegenteil vermindert. Bei sehr geringen Lichtstärken und hoher Dunkeladaption müssen wir, um Stereogleichheit zu erzielen, die Eindrucks-helligkeit des im wesentlichen mit den Stäbchen gesehenen Grau weit höher machen, als die des allein mit den Zapfen gesehenen Rot.

Es erklären sich auf diesem Wege auch die etwas verwickelten Erscheinungen, denen wir beim Vergleich von *Blau* und *Grau* begegnen. Es ergibt sich nämlich, daß bei abnehmender absoluter Lichtstärke und entsprechender fortschreitender Dunkeladaption der Stereowert des *Blau* im Verhältnis zu *Grau* anfänglich ab, dann aber auch zunimmt. Den ganzen Zusammenhang macht die nachstehende Zusammenstellung übersichtlich, deren Einrichtung im übrigen die gleiche ist, wie die vorhin für rotes Licht mitgeteilte.

Einstellung
des Rauchglaskalles auf Stereogleichheit mit *Blau*.

Helligkeits- stufe	Beobachter A		Beobachter B	
1	20	19,9	18,5	18,6
2	21,1	20,9	19,9	19,8
3	20,3	21,1	19,7	20,1
4	22,5	21,9	21,6	21,8
5	24,3	23,9	22,3	23,4
6	17,1	19	16	15,9
7	15	—	15,6	—
8	9,1	—	11,4	—

Auch diese Erscheinungen nun sind, wie gesagt, in sehr einfacher Weise aus unseren An-

⁴⁾ Genaueres über diese Erscheinungen findet man in meiner Bearbeitung der Gesichtsempfindungen a. a. O. S. 323, ferner in *Helmholtz*, *Physiolog. Optik*, 3. Aufl., II, S. 371.

schauungen vom Sehorgan verständlich zu machen. Bei hoher Lichtstärke und Helladaptation erscheinen ein Blau und ein Grau stereogleich, wenn ihre Zapfenhelligkeiten annähernd übereinstimmen. Dabei ist der Dämmerungswert des Blau beträchtlich höher, wenigleich der Unterschied lange nicht so groß ist, wie der entgegengesetzte zwischen stereogleichem Rot und Grau. Wenn nun das Licht geschwächt wird, so wird hier der höhere Dämmerungswert des Blau in der gesteigerten Eindruckshelligkeit zur Erscheinung kommen, wiederum aber der Stereowert wegen der größeren Trägheit der Stäbchenreaktion nicht herauf, sondern heruntergehen. Diese Änderung der Einstellungen entspricht also ganz dem, was wir auch beim Rot haben: es ist eine Änderung im entgegengesetzten Sinne des Purkinjephänomens. Daß nun diese bei noch weitergehender Verdunkelung durch eine Änderung im entgegengesetzten Sinne, also durch eine (dem P.-Phänomen entsprechende) relative Erhellung des Blau abgelöst wird, hat seinen Grund im folgenden. Wenn die Verdunkelung einen gewissen Grad erreicht hat, so unterschreiten wir für beide Lichter die Zapfenschwelle; es wird dann überhaupt nur noch mit den Stäbchen gesehen. Sobald dieser Punkt erreicht ist, stellen die relativ höheren Dämmerungswerte des blauen Lichtes für dieses eine Benachteiligung im Stereoverfahren nicht mehr dar; vielmehr wird jetzt auch im Stereoverfahren einfach auf Gleichheit der Dämmerungswerte eingestellt. Dies bestätigt sich in der Tat darin, daß, wie die direkte Beobachtung zeigt, derjenige Grad der Verdunkelung, bei dem die Änderung in einem Sinne in die entgegengesetzte umschlägt, etwa der gleiche ist, bei dem das Blau nicht mehr farbig gesehen wird. Es bestätigt sich auch darin, daß, wenn wir bei den höchsten Verdunkelungsgraden nach dem vorhin erwähnten Verfahren das rechts- und linksäugig Gesehene direkt vergleichen und auf diese Weise blaues und graues Licht auf gleiche Helligkeit einstellen, ihnen also gleiche Dämmerungswerte geben, wir auf denselben Wert kommen, den das Stereoverfahren ergibt. Es fand sich hierfür eine Einstellung auf 10 bis 11 erforderlichlich.

Ich muß hier die Bemerkung einschalten, daß auch *Pulfrich* offenbar die gleichen Erscheinungen wenigstens teilweise schon beobachtet, jedoch in ganz andern Sinne gedeutet hat. Auch er bzw. seine Mitarbeiter fanden, wenn sie die Brennstärke der beleuchtenden Lampe variierten, daß mit zunehmender Brennstärke der Stereowert des von einem Rotfilter durchgelassenen Lichtes im Vergleiche zum ganzen Licht sank. Indem nun *Pulfrich* stillschweigend von der Voraussetzung ausging, die er wohl für selbstverständlich erachtet hat, daß das Verhältnis der Stereogleichheit von absoluter Intensität und dem Zustand des Seh-

organs unabhängig sein müsse, gelangt er zu der Folgerung, „daß bei den Rotfiltern mit zunehmender absoluter Lichtstärke eine Änderung des Verhältnisses der durchgelassenen Lichtmenge zur auffallenden eintritt, und zwar immer in dem Sinne, daß der verhältnismäßige Anteil der durchgelassenen Lichtmenge an der auffallenden mit zunehmender Helligkeit der Lampe immer kleiner wurde“. (A. a. O. S. 60.) Ganz das Nämliche fand sich bei wechselnder Beleuchtung roter Flächen, und so folgert *Pulfrich* entsprechend, „daß die Albedo roter Flächen mit abnehmender Leuchtkraft unserer Osramlampe immer mehr zunimmt“. — Unstreitig setzen sich nun aber diese Auffassungen in Widerspruch zu physikalischen Anschauungen, die von grundlegender Bedeutung sind und meines Wissens allgemein als gesichert gelten. Überall wird davon ausgegangen, daß bei absorbierenden Medien (von den besonderen Ausnahmefällen der sogenannten selektiven Absorption abgesehen) das durchgehende Licht einen bestimmten, von der Intensität nicht abhängigen Bruchteil des auftreffenden darstellt, also in strenger Proportionalität mit diesem zu- und abnimmt. Diese Annahme wird namentlich bei der Ableitung des Zusammenhanges zwischen der Dicke der absorbierenden Schicht und dem Betrag des durchgelassenen Lichtes zugrunde gelegt; und in der tatsächlichen Gültigkeit des sich ergebenden bekannten Exponentialgesetzes bestätigt sich die Richtigkeit jener Annahme. Das analoge Proportionalitätsgesetz wird auch für die Zurückwerfung des Lichtes, und zwar sowohl für die regelmäßige Spiegelung, wie für die diffuse Zurückwerfung im allgemeinen zugrunde gelegt; es wird also auch angenommen, daß ein nicht selbst leuchtender Körper (wiederum von besonderen Ausnahmefällen, wie Fluoreszenz u. dgl. abgesehen) in der einen wie in der anderen Form einen bestimmten, von der Intensität nicht abhängigen Bruchteil des ihn treffenden Lichts zurückwirft. Wie mir scheint, wird man daher an Abweichungen von diesen Annahmen erst dann zu denken haben, wenn die Beobachtungen in ganz zwingender Weise dazu nötigen. Solange es sich aber um Tatsachen handelt, die auch eine ganz andere Auffassung zulassen, wird man diese als die richtige in Anspruch zu nehmen berechtigt sein, um so mehr, wenn sie sich, wie das hier der Fall ist, in einer befriedigenden Weise auf anderweit erwiesene Tatsachen stützen kann⁵⁾.

5) Sehr möglich ist dagegen, worauf *P.* auch hinweist, daß bei seinen Beobachtungen die qualitative Veränderung der Beleuchtung mit ins Spiel gekommen ist, die mit der wechselnden Brennstärke der Osramlampe verknüpft ist. Da bei geringer Brennstärke (Rotglut) die langwelligen Lichter im Verhältnis zu den kurzwelligen stärker vertreten sind als bei hoher Brennstärke (Weißglut), so kann allerdings auch hierdurch eine relative Begünstigung des Rot bei abnehmender Beleuchtung herbeigeführt werden. Für die interessierende Frage, ob die Stereogleichungen bei pro-

Übrigens hat wohl auch P. die Angelegenheit nicht als ganz spruchreif erachtet. Er sagt selbst (S. 61), daß die Sache im Hinblick auf die abweichenden Verhältnisse des Purkinjeschen Phänomens noch genauer untersucht zu werden verdiene.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Verhältnis der Stereogleichheit in sehr beträchtlichem Maße von der absoluten Stärke der verglichenen Lichter und dem Zustande des Sehorgans abhängt. Die Erklärung dafür liegt darin, daß der von Pulfrich angenommene Zusammenhang zwischen Lichtstärke und den zeitlichen Verhältnissen der physiologischen Vorgänge allerdings zweifellos besteht, daß es aber nicht allein auf die Lichtintensitäten, sondern daneben noch auf eine Reihe weiterer Umstände ankommt. Unter diesen ist die wechselnde Beteiligung der zeitlich stark ungleich funktionierenden beiden Bestandteile des Sehorgans an die Spitze zu stellen. Ausdrücklich möchte ich jedoch betonen, daß diese allgemeine Anschauung wohl genügt, um die hier besprochenen Haupterscheinungen verständlich zu machen, aber natürlich nicht ausreichen kann, um alle Einzelheiten, die uns beim Stereoverfahren begegnen, zu erklären. Dazu müßten wir die zeitliche Gestaltung der Vorgänge in jedem einzelnen Bestandteil, ihre Abhängigkeit von Reizstärke und Adaptionzustand genauer kennen als das zurzeit der Fall ist; namentlich aber müßten wir auch erst darüber unterrichtet sein, auf welchen Zeitwert es für den Stereocorrespondenz-Erfolg ankommt. Auf alle diese Fragen zurückzugreifen sind wir genötigt, sobald wir das ganze Stereoverfahren weiter durchexperimentieren und noch andere als die hier erwähnten Variationen der Bedingungen einführen. Ein ergiebigeres Feld für weitere Untersuchungen eröffnet sich z. B., wenn man Bedingungen herstellt, bei denen der Adaptionzustand der beiden Augen verschieden ist. Ich begnüge mich, hier den einfachsten dieser Versuche zu erwähnen, der die obigen Darlegungen in interessanter Weise illustriert und den zugrunde gelegten Anschauungen zur Bestätigung dient. Er besteht darin, daß man die oszillierende Marke ohne Heranziehung sonstiger Veranstaltungen (grauer oder farbiger Gläser) mit einem dunkel- und einem helladaptierten Auge betrachtet, und zwar bei einer Beleuchtung, die soweit abgeschwächt ist, daß wenigstens für das dunkeladaptierte Auge die Funktion des Dämmerungsapparates neben der der Zapfen anscheinlich ins Gewicht fällt, andererseits natürlich nicht so schwach, daß etwa die Stäbchen nur noch allein funktionieren und die

proportionaler Intensitätsänderung aller Lichter gültig bleiben, ist natürlich ein Verfahren, bei dem die Stärken der einzelnen Lichtanteile in ungleichem Verhältnis variiert werden, wenig geeignet. Bei unserm Verfahren ist an die Einnischung solcher Verhältnisse nicht zu denken. Wie weit sie bei den P'schen Versuchen mit ins Spiel gekommen sind, entzieht sich einer sicheren Beurteilung.

Zapfen ganz ausgeschaltet sind⁶⁾. Am zweckmäßigsten stellt man in demjenigen Raum, in dem die oszillierende Marke aufgestellt ist, von vornherein die geeignete Beleuchtung her, so daß die Marke, unmittelbar nachdem die Augen in den gewünschten Zustand gebracht sind, sogleich bei dieser Beleuchtung beobachtet werden kann. Um diesen Zustand der Augen herbeizuführen, bedecke man das eine, z. B. das rechte Auge, mit einem mäßig dicken Wappolster und binde darüber ein passend zusammengelegtes schwarzes Tuch, das breit genug sein muß, um nach oben und unten beträchtlich die Augenhöhle zu überragen. Man erreicht es dann leicht, daß das rechte Auge wenn nicht absolut, doch sehr annähernd lichtdicht abgeschlossen ist. Man verweile dann ca. 20 Minuten in einem vom Tageslicht gut erleuchteten Raum und schaue zweckmäßig noch die letzten 3 bis 4 Minuten durch ein Fenster in den hellen Himmel, um so das linke Auge in den Zustand einer starken Helladaption zu bringen. Man gehe dann ohne Zeitverlust in das Beobachtungszimmer und entferne, wenn man vor der oszillierenden Marke sitzt, den verdunkelnden Verband vom rechten Auge. Man sieht dann aufs deutlichste die Marke im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers kreisen, in demjenigen also, den die Scheinbewegung bei gleichem physiologischen Zustand beider Augen hat, wenn das rechte schwächeres Licht erhält. Durch abwechselndes Schließen des einen und anderen Auges überzeugt man sich leicht, daß das rechte dunkeladaptierte Auge, wie zu erwarten, alles erheblich heller als das linke sieht. Die einseitige Vermehrung der gesehenen Helligkeit wirkt also, wenn sie durch Adaption bewirkt wird, gerade in der entgegengesetzten Weise auf die Stereowahrnehmung, als wenn sie durch vermehrte Lichtstärke herbeigeführt wird. Auch in dieser Form bestätigt sich, daß die Dunkeladaption zwar die gesehene Helligkeit steigert, den Stereowert dagegen vermindert.

Die angeführten Tatsachen lassen erkennen, daß auch die Stereomethode nicht geeignet ist, das Problem ungleichfarbiger Helligkeitsvergleichung in einer Weise zu lösen, die alle Wünsche befriedigt und alle Schwierigkeiten beseitigt. Besonders deutlich zeigt sich aber zugleich auch, daß dieses Ziel überhaupt nicht erreichbar ist. Verschiedene Definitionen dessen, was unter der gleichen Helligkeit ungleichfarbiger Lichter verstanden werden soll, führen zwar in gewissem Umfange zu annähernd übereinstimmenden Ergebnissen, so daß die Bevorzugung einer bestimmten berechtigt und ausreichend erscheinen kann. Wenn aber unter anderen Bedingungen

⁶⁾ Nach vorläufiger Orientierung möchte ich Beleuchtungen von 1 bis 10 Meterkerzen am meisten empfehlen, solche also, bei denen die räumliche Unterscheidungsfähigkeit gegenüber der bei „guter Beleuchtung“ schon etwas, aber noch nicht sehr stark herabgesetzt ist. Doch ist die Erscheinung auch bei beträchtlich höheren Beleuchtungen noch gut zu sehen.

die verschiedenen Methoden zu gänzlich verschiedenen Resultaten führen, z. B. Stereogleichheit und Eindrucksleichheit weit auseinander fallen, so wird es nicht angängig erscheinen, jene als die schlechtweg maßgebende allein zu berücksichtigen. Wenn ferner auch die Ergebnisse der Stereomethode von der absoluten Intensität der angewandten Lichter und von dem Zustand des beobachtenden Auges in so auffälliger Weise abhängen, wie es tatsächlich der Fall ist, so erscheint damit die Brauchbarkeit der betreffenden Definition und die Bedeutung der mit dieser Methode erhaltenen Ergebnisse zunächst in Frage gestellt.

Die weiteren Erwägungen, die wir an diese Feststellungen knüpfen, ordnen sich naturgemäß unter zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten. Der erste bestimmt sich durch die Aufgabe und den Wunsch einer Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter und die gesamten praktischen Interessen, aus denen sich dieser Wunsch ergibt, und die zur Beschäftigung mit dieser Aufgabe immer wieder veranlaßt haben. Ist, wie wir eben betonten, die Stereomethode nicht geeignet, diese Aufgaben allein und restlos zu lösen, so kann doch gefragt werden, wie weit sich ihr Nutzen und ihre Bedeutung erstreckt, unter welchen Bedingungen sie trotz der erwähnten Komplikationen wertvoll und verwendbar bleibt. In dieser Hinsicht kann man wohl folgendes sagen. Wenn wir auch auf dem Standpunkt stehen, daß es Sache einer zweckmäßigen Festsetzung, einer Übereinkunft ist, was als gleiche Helligkeit verschiedener Farben definiert werden soll, so werden wir doch als erste Anforderung an eine solche Definition die aufstellen müssen, daß sie sich mit der zwar etwas unbestimmten, in letzter Instanz aber doch maßgebenden des unmittelbaren Eindrucks nicht in starken Widerspruch setzen darf. Eine Definition, derzufolge wir zwei Lichter gleich hell zu nennen hätten, von denen dem unmittelbaren Eindruck nach das eine weit heller als das andere erscheint, eine Definition also, die in ihren Ergebnissen mit der Eindruckshelligkeit gänzlich auseinanderfällt, wird als ungeeignet abzulehnen sein. Sie würde mindestens zu fortwährenden Verwechslungen und Mißverständnissen Anlaß geben. Solche Unstimmigkeiten kommen ja nun für die Stereomethode tatsächlich vor. Sie sind jedoch an ganz bestimmte Bedingungen geknüpft, die wir theoretisch dahin ausdrücken können, daß am Sehen die beiden Bestandteile des Sehorgans, der dem Dämmerungsehen und der dem Tagesssehen dienende beteiligt sind. Hieraus ergibt sich mit Wahrscheinlichkeit die Folgerung, daß die Unstimmigkeiten, die die Stereomethode in sich zeigt, nicht zur Geltung kommen werden, wenn die Beobachtungen auf Bedingungen beschränkt sind, die ein annähernd reines Tagesssehen gewährleisten, d. h. bei hohen Lichtstärken und helladaptiertem Auge. Die Definition der Stereogleichheit wäre darauf-

hin so zu modifizieren, daß stereogleich zwei ungleichfarbige Lichter zu nennen sind, wenn sie, bei hoher absoluter Stärke und helladaptierten Augen verglichen, keinen von Null verschiedenen Stereoeffekt geben. Diese Definition ist unter dem vorhin erwähnten Gesichtspunkt ohne Zweifel zulässig. Denn, wie vorhin erwähnt, sind Lichter, die in diesem Sinne stereogleich sind, unter denselben Bedingungen (hohe Lichtstärke und Helladaptation) auch annähernd eindrucksgleich. Ob das Verhältnis der Stereogleichheit von den absoluten Lichtstärken unabhängig ist, wenn diese unter einen gewissen Betrag nicht heruntergehen, bedarf allerdings noch einer genaueren Prüfung, kann aber vorerhand mindestens als wahrscheinlich gelten.

Wird die Definition der Stereogleichheit und die Anwendung der Methode in dieser Weise beschränkt, so wird sie sich vermutlich wegen der Schärfe ihrer Ergebnisse in einem Umfange und in einem Sinne brauchbar erweisen, die hinter den Erwartungen ihres Urhebers kaum zurückbleiben. Was sich in unseren Versuchen herausgestellt hat, hat dann nur die Bedeutung, daß es auf gewisse Regeln hinweist, die bei der Anwendung des Verfahrens eingehalten werden müssen. Gleichwohl bedarf es dann doch einer gewissen Vorsicht, um sich über Bedeutung und Tragweite der mit dem Stereoverfahren erhaltenen Ergebnisse nicht zu täuschen. Vor allem ist zu beachten, daß sie sich eben nur auf die Verhältnisse des Tagessehens beziehen, daß die für Tagesssehen stereogleichen Lichter an Dämmerungswert gänzlich verschieden sein können. Es dürfte sich wohl empfehlen, dem auch in der Terminologie Rechnung zu tragen. In der Physiologie ist das seit langem üblich. Wir machen den Unterschied, ob Lichter „tagesgleich“ oder „dämmerungsgleich“ sind. Im Sinne der Duplizitätstheorie kann man auch von „Zapfengleichheit“ und „Stäbchengleichheit“ sprechen. Ich möchte hier bemerken, daß in den Arbeiten amerikanischer Untersucher, die sich zum Zwecke beleuchtungstechnischer Aufgaben mit der heterochromen Photometrie beschäftigen (Troland, Nutting u. a.), diese Unterscheidung seit geraumer Zeit vollkommen streng durchgeführt ist. Es wird hier einfach von Zapfengleichheit und von Stäbchengleichheit gesprochen. Diese Beobachter haben ihre Untersuchung streng auf den Boden der Duplizitätstheorie gestellt; sie sind mit den maßgebenden physiologischen Tatsachen vollkommen bekannt und sind dadurch vor den Täuschungen geschützt, denen man im entgegengesetzten Falle ausgesetzt ist.

Nicht minder aber muß man auch im Auge behalten, daß wenn wir die Gleichheit der Helligkeit nach den für das Stereoverfahren maßgebenden zeitlichen Verhältnissen definieren, dies, wie oben schon betont, die Bedeutung einer Festsetzung oder Übereinkunft hat. Man darf sich also durch den Ausdruck der Helligkeitsgleich-

heit nicht zu der Annahme verleiten lassen, daß die stereogleichen Lichter auch in allen möglichen andern Hinsichten, die mit der Helligkeit irgendwie im Zusammenhang stehen, gleich sein müssen. So ist es zunächst eine offene Frage, ob die stereogleichen Lichter auch minimalfeldgleich sind. Namentlich aber versteht sich auch nicht von selbst, daß sie in derjenigen Hinsicht als gleich zu bewerten sind, die praktisch die größte Bedeutung besitzt, nämlich hinsichtlich der räumlichen Unterscheidung, die sie gestatten. Man kann zwei Lichter ungleicher Farbe, die, als Beleuchtungen benutzt, die gleiche Fähigkeit räumlicher Unterscheidung (gleiche Sehschärfe) ergeben, „erkennungsgleich“ nennen. Auch ob die stereogleichen Lichter erkenntungsgleich sind, erscheint zunächst fraglich und darf jedenfalls nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden.

Wir können nun aber auch an zweiter Stelle, den Gedanken an praktische Aufgaben, insbesondere an eine heterochrome Photometrie, ganz zurückstellend, die Erscheinungen unter ganz allgemeinen physiologischen Gesichtspunkten betrachten. Den maßgebenden Grund für die eigenartigen Erscheinungen, denen wir bei der binokularen Betrachtung bewegter Objekte begegnen, hat Pulfrich, ohne Zweifel mit Recht, in den besonderen zeitlichen Gestaltungen der Empfindungsvorgänge erblickt. Geht man hiervon aus, so können wir sagen, daß eben dieses Verfahren, die *binokulare Beobachtung bewegter Objekte*, ein feines und wertvolles Hilfsmittel darstellt, um uns über die zeitlichen Verhältnisse der Erregungs- und Empfindungsvorgänge zu unterrichten. Die Ungleichheiten, die in dieser Hinsicht zwischen den beiden Bestandteilen des Sehorgans bestehen, kommen in den vorhin erwähnten Tatsachen besonders eindrucksvoll zur Erscheinung, so daß die hierüber schon vorliegenden älteren Feststellungen dadurch in wertvoller Weise ergänzt werden. Schaltet man diese Komplikationen aus, beobachtet man also bei reinem Tages- oder reinem Dämmerungssehen, so bestätigt sich in beiden Fällen die allgemeine Grundregel, von der Pulfrich ausgegangen ist: die maßgebenden Zeitwerte nehmen mit wachsender Lichtstärke ab. Aber es erhebt sich hier sogleich eine ganze Reihe physiologisch bedeutsamer Fragen. Man kann, wie oben schon kurz berührt, im Zweifel darüber sein, auf welche Zeitwerte es eigentlich ankommt. Man kann daran denken, daß der Stereoerfolg wesentlich davon abhängt, wie schnell nach Einsetzen eines Reizes die Empfindung *beginnt*, aber es könnte wohl auch darauf ankommen, wie schnell sie ansteigt und wann sie ihren *Höchstwert* erreicht. Die von Pulfrich schon herangezogenen physiologischen Erfahrungen geben in dieser Hinsicht keinen Anhalt. Die Beobachtungen von Fröhlich (Zeitschr. für Sinnesphysiologie 54, S. 58, 1922) zeigen, daß die Empfindung bei

stärkeren Reizen früher einsetzt. Allein daraus folgt natürlich noch nicht, daß hierin der allein maßgebende Umstand zu erblicken ist. Nach den alten Angaben *Exners* soll bei starken Reizen der Höchstwert der Empfindung früher als bei schwachen erreicht werden. Daß aber das von *E.* benutzte Verfahren bzw. die Deutung, die er seinen Beobachtungen gibt, zu begründeten Bedenken Anlaß gibt, habe ich schon auseinander-gesetzt (Nagels Handbuch der Physiologie III, S. 228). Bei der tatsächlichen Gestaltung des Stereoverfahrens ist aber auch noch an eine Reihe weiterer Umstände zu denken. Lassen wir einen Stab vor einem Hintergrunde vorbeigleiten, so findet an derjenigen Stelle der Netzhaut, über die das Bild des Stabes hingleitet, ein zweimaliger Lichtwechsel statt. Bewegt sich ein dunkler Stab vor hellem Grunde, so findet an jeder Stelle eine Verdunkelung statt, die sogleich von einer Wiedererhellung gefolgt wird; bewegt sich dagegen ein weißer Stab oder Streifen vor dunklem Grunde, so haben wir in kurzem Zwischenraum Erhellung und Wiederverdunkelung. Von vornherein ist also auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, daß für den Stereoerfolg diejenige Geschwindigkeit in Betracht kommt, mit der beim Abbrechen des Lichtreizes die Empfindung *absinkt*. Daß dies bei hohen Lichtstärken schneller als bei geringen stattfindet, kann allerdings auch für wahrscheinlich gelten, ist aber bis jetzt mehr durch theoretische Erwägungen als durch direkte Beobachtungen erwiesen. — Daß die verwickelten rhythmischen Erscheinungen, die namentlich bei Einwirkung sehr kurz dauernder Reize beobachtet werden, dabei einen Anteil haben sollten, darf wohl als unwahrscheinlich ausgeschlossen werden, weil die Zeiten, in denen diese der primären Empfindung folgen, viel zu lang sind. Das zweite Aufleuchten z. B., das besonders in der eleganten Form des „*nachlaufenden Bildes*“ zur Erscheinung kommt, folgt dem primären in einem zeitlichen Abstand von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Sekunde. Von Interesse ist aber im gegenwärtigen Zusammenhang die bekannte Tatsache, daß die primäre Erregung der Stäbchen durch Dunkeladaption zeitlich stark in die Länge gezogen wird. Ein das Gesichtsfeld durchlaufender blauer Gegenstand erscheint für das dunkeladaptierte Auge in einen nachlaufenden weißen Schweif ausgezogen, der mit fortschreitender Adaption immer länger wird. Ob etwas Ähnliches auch für die Zapfen zutrifft, ist bis jetzt nicht festgestellt. Gerade diesen Verhältnissen gilt übrigens eine Arbeit, die in jüngster Zeit von Koracs (unter Leitung von Fröhlich) ausgeführt worden ist (Zeitschr. f. Sinnesphysiologie 54, S. 161). Sie geht von der Frage aus, wie der zeitliche Verlauf der primären Empfindungen von der Stärke des erregenden Lichts, namentlich aber auch vom Adaptionszustande des Auges abhängt. Auf diese Beobachtungen wird bei der ausführlicheren Mitteilung unserer Versuche des genaueren einzugehen sein.

Ein großes physiologisches Interesse knüpft sich aber auch gerade an das Verhältnis der Stereogleichheit zu anderen mehr oder weniger ähnlichen, ebenfalls mit der Helligkeit zusammenhängenden Beziehungen, so z. B. um nur eines zu erwähnen, an die Frage, ob stereogleiche Lichter auch minimalfeldgleich sind. Doch ist hier nicht der Ort, auf die Bedeutung dieser Verhältnisse einzugehen. Wohl aber dürfen wir es aussprechen, daß die ganze hier in Frage kommende Gruppe von Erscheinungen, die *stereoskopische Wahrnehmung bewegter Gegenstände*, der physiologischen Untersuchung eine Reihe interessanter Aufgaben stellt und in mehr als einer Hinsicht wertvolle Ergebnisse erwarten läßt. Dieses Gebiet erschlossen zu haben, ist ein Verdienst von Herrn *Pulfrich*, für das ihm die Sinnesphysiologie großen Dank schuldet. Dem tut es keinen Abbruch, daß *Pulfrich*, mit gewissen Tatsachen aus der Physiologie des Sehorgans nicht bekannt, es unterlassen hat, sein Verfahren gerade in der

Richtung zu prüfen, die uns am nächsten liegt, in bezug auf die Abhängigkeit der Stereogleichheit von den absoluten Lichtstärken und dem Adaptionszustande des Auges, und daß er aus diesem Grunde nicht in der Lage war, von den Grenzen, die seinem Verfahren gesteckt sind, oder von den Bedingungen, an die es geknüpft ist, ein vollständiges Bild zu erhalten. — Die Auffindung der ganzen Gruppe von Erscheinungen ist zugleich ein belehrendes Beispiel dafür, daß es kaum irgendwo ein Gebiet gibt, von dem wir behaupten dürften, es in wirklich erschöpfender Weise durchgearbeitet und durchgeprüft zu haben. Immer stoßen wir wieder auf Gestaltungen der bedingenden Umstände, die noch nicht in Betracht gezogen worden sind. So ergeben sich denn auch immer wieder Erscheinungen, die, auch wenn wir sie mit bekannten in Verbindung bringen können, sich doch als etwas Neues und Eigenartiges darstellen und dadurch besonderes Interesse gewinnen.

Das Problem des tierischen Farbenseins¹⁾.

Von K. v. Frisch, Rostock.

Es ist etwa ein Dezennium verstrichen, seit *C. v. Heß* und ich bei Untersuchungen über den Lichtsinn und Farbensinn der Tiere zu diametral entgegengesetzten Ansichten gekommen sind. Daß seither mehr als 60 Arbeiten auf diesem Gebiete veröffentlicht wurden, ist ein Zeichen, wie anregend der Gegensatz gewirkt hat. Wenn wir heute einen Blick zurückwerfen, so hoffe ich, Ihnen zeigen zu können, daß die ursprüngliche Streitfrage entschieden ist und andere, speziellere Probleme im Mittelpunkt der Interessen stehen.

Nach der Anschauung von *C. v. Heß* ist der Farbensinn — das ist die Fähigkeit, Lichter von verschiedener Wellenlänge qualitativ (nicht nur nach ihrer Helligkeit) zu unterscheiden — eine phylogenetisch späte Errungenschaft der Tiere, die nur Wirbeltieren, und unter diesen nur den Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren zukommt. Unter den letzteren fand er bei Affen einen Farbensinn, der mit dem des normalen Menschen übereinstimmt, während Hunde, Katzen und Kaninchen die Farben anscheinend weniger gesättigt sehen, als wir unter gleichen Verhältnissen. Ein tiefergreifender Unterschied besteht bei Vögeln. So sind Hühner zwar für rote und gelbe Farben so empfindlich wie wir²⁾, für Grün dagegen und in noch höherem Maße für Blau und Violett sind sie im Vergleich mit dem Menschen unterempfindlich. Dies äußert

sich z. B. darin, daß sie im Dunkelzimmer in einem Spektrum aufgestreute Reiskörner nur im Rot, Gelb und Grün aufspicken, die für uns deutlich sichtbaren Körner im Blau und Violett aber nicht mehr erkennen. Das gleiche gilt für Tauben und andere Vögel (vielleicht für alle Tagvögel). Sie sehen nach *Heß* die Welt der Farben so, wie sie uns bei Betrachtung durch eine rötlich-gelbe Brille erscheint: ein leuchtendes Blau verliert an Sättigung und sieht blaugrau aus; *v. Heß* hat auch die rötlichgelbe „Brille“ des Vogelauges erkannt: sie ist in den roten und gelben Ölkugeln gegeben, die in den Zapfen der Vogelnethaut eingelagert sind; dieses Farbenfilter muß das Licht passieren, bevor es an die Zapfenaußenglieder gelangt. — Freilich ist über den Farbensinn der Vögel noch lange nicht das letzte Wort gesprochen. Die Dinge liegen keineswegs so klar, wie sie *v. Heß* darstellt. Es fehlt heute an Zeit, um auf diese Verhältnisse näher einzugehen. Doch eine Bemerkung möchte ich nicht unterdrücken. Wenn *v. Heß* meint, daß die blauen „Schmuckfarben“ der Vögel als solche keine Bedeutung haben könnten, weil für die Vögel das Spektrum am blauen Ende verkürzt sei, so ist dieser Schluß zum mindesten verfrüht. In einem Spektrum aufgestreute Futterkörner werden von Hühnern auch im Blau aufgepickt (und also gesehen), sobald man das Blau nur genügend lichtstark macht (*v. Heß* 1917, S. 385, Anm. 2). Ein von der Sonne bestrahltes blaues Gefieder wird aber entschieden mehr blaues Licht reflektieren, als die im Dunkelzimmer mit spektralem Blau belichteten Reiskörner. Und noch

¹⁾ Vortrag, gehalten am 11. April 1923 vor der Zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien anlässlich der Verleihung der Rainermedaille.

²⁾ Für Rot nach den Untersuchungen von *Hönigsmann* (1921) sogar erheblich empfindlicher als wir.

ein anderer Umstand mahnt zur Vorsicht: v. Heß gibt an, daß die roten und gelben Ölkugeln, durch die „die starke Verkürzung des Spektrums“³⁾ bedingt ist, „besonders reichlich im hinteren oberen, für das Picken der Körner in erster Linie in Betracht kommenden Bezirke“ der Netzhaut eingelagert sind (1922, S. 69). Die an pickenden Hühnern gefundenen Werte der Unterempfindlichkeit für Blau beziehen sich nur auf diese, mit roten Ölkugeln besonders reich ausgestattete Netzhautstelle. Es bedarf keiner näheren Erörterung, daß die „Schmuckfarben“ auch mit anderen Netzhautstellen wahrgenommen werden, die nicht so reich an farbigen Ölkugeln und daher nach Heß für Blau empfindlicher sind.

Unter den Reptilien verhalten sich die Schildkröten ähnlich wie die Tagvögel, unter den Amphibien haben Frösche und Molche wahrscheinlich einen ähnlichen Farbensinn wie der Mensch.

Eine tiefe Kluft scheidet nach v. Heß die mit Farbensinn begabten Amphibien, Sauropsiden und Säuger von den total farbenblinden Fischen und wirbellosen Tieren. Seine Begründung dieser Ansicht ist ja bekannt: Für das normale, farben-tüchtige Menschaugen ist die Helligkeitsverteilung im Spektrum eine andere als für das total farbenblinde Menschaugen; während der farben-tüchtige das Gelb am hellsten sieht, ist für den total farbenblinden die hellste Stelle nach dem Gelbgrün bis Grün verschoben und das Spektrum am roten Ende verkürzt; nun sammeln sich Fische, die positiv phototaktisch sind, die also das Bestreben haben, die hellste Stelle ihres Behälters aufzusuchen, stets im Gelbgrün bis Grün, wenn man im Dunkelzimmer ein Spektrum in ihr Bassin wirft. Sie sammeln sich also an der Stelle, die dem total farbenblinden Menschen am hellsten erscheint. Bestrahlt man die beiden Hälften des Aquariums mit zwei beliebigen, verschiedenen Farben, so suchen sie stets die Hälfte auf, die für den total farbenblinden Menschen heller ist, und verteilen sich dann gleichmäßig im Behälter, wenn dem total farbenblinden Menschen beide Hälften gleich hell erscheinen. Die Helligkeitswerte der Farben sind also für sie die gleichen, wie für den total farbenblinden Menschen. Daher sind sie total farbenblind. — Die gleiche Beweisführung wurde auf Grund ausgedehnter Versuchsreihen und einer im einzelnen vielfach variierten Methodik bei Wirbellosen (Würmern, Mollusken, Echinodermen, Krebsen, Insekten) angewandt.

Wenn die Angaben richtig sind, kann man aus ihnen nur schließen, daß die Helligkeitswerte der Farben für die Fische und Wirbellosen dieselben

sind wie für den total farbenblinden Menschen. Der Schluß auf totale Farbenblindheit der genannten Tiere ist nicht zwingend. Denn wenn für den total farbenblinden im Gegensatz zum farben-tüchtigen Menschen das Spektrum am roten Ende verkürzt und im Grün am hellsten ist, so folgt daraus noch nicht, daß alle Tiere, für welche das Spektrum am roten Ende verkürzt und im Grün am hellsten ist, total farbenblind sind.

Tatsächlich läßt sich auf anderem Wege für Fische (Pfrillen, *Phoxinus laevis* L.) nachweisen, daß sie Farbensinn haben. Zum Verständnis des Versuches muß ich vorausschicken, daß die Pfrillen sich an Helligkeit und Farbe des Untergrundes anpassen⁴⁾. Sie verdanken diese Fähigkeit der Anwesenheit von schwarzen, gelben und roten, gestaltveränderlichen Pigmentzellen in ihrer Haut. Die Anpassung wird durch Auge und Nervensystem vermittelt. Versetze ich von zwei gleich gefärbten Pfrillen die eine auf hellgrauen, die andere auf dunkelgrauen Untergrund, so färbt sich die erste heller als die zweite, und zwar binnen weniger Sekunden. Versetze ich von zwei gleich gefärbten Pfrillen die eine auf gelben, die andere auf grauen Untergrund, so wird die erste am ganzen Körper deutlich gelber als die zweite; es ist für unseren Versuch von Wichtigkeit, daß diese Farbenanpassung später beginnt, als die Helligkeitsanpassung und erst nach einigen Stunden vollendet ist. Schon die Tatsache, daß sich die Pfrillen auf gelbem Grunde gelb färben, spricht für Farbensinn, ist aber noch kein strenger Beweis. Einem total farbenblinden Auge würde der gelbe Grund als ein Grau von bestimmter Helligkeit erscheinen, und es ist die Möglichkeit zu bedenken, daß ein Grau von eben dieser Helligkeit die reflektorische Gelbfärbung des Fisches auslöst. Dann würde also der Fisch, so wie der total farbenblinde Mensch, den gelben Untergrund grau sehen; dann müßte aber auch ein grauer Untergrund, der für den Fisch die gleiche Helligkeit hat wie der gelbe, die gleiche Wirkung auf seinen Farbwechsel haben, das Gelb und das Grau wären ja für ihn identisch. Wie finde ich nun, um diese Möglichkeit zu prüfen, aus einer Serie grauer Papiere, die in feinen Abstufungen von Weiß bis zu Schwarz führt, das Grau heraus, welches für den Fisch die gleiche Helligkeit hat wie das Gelb? Der Fisch selbst sagt es mir an, wenn ich ihn abwechselnd auf gelben und grauen Untergrund setze. Bringe ich ihn vom gelben Grunde auf dieses Grau, so färbt er sich in wenigen Sekunden dunkler, das Grau erscheint ihm also dunkler als das Gelb. Bringe ich ihn vom Gelb auf jenes Grau, so hellt er sich auf, dies Grau ist also für

³⁾ Wenn schlechtweg von einer „starken Verkürzung des Spektrums am blauen Ende“ oder von einer „Blaubindheit“ der Vögel gesprochen wird, so ist dies irreführend, da es sich eben um eine Unterempfindlichkeit für Blau (verglichen mit dem Menschen), nicht aber um eine Unempfindlichkeit für Blau handelt.

⁴⁾ An die Farben nur in beschränktem Maße; sie färben sich auf gelbem und rotem Untergrunde gelblich, viele Individuen auch an bestimmten Körperstellen rot, während sie sich an grünen, blauen oder violetten Untergrund nur in ihrer Helligkeit anpassen.

ihn heller als das Gelb. Und so kann ich nach kurzem Suchen ein Grau finden, das beim Auswechseln gegen den gelben Untergrund keine Helligkeitsänderung des Fisches bewirkt und ihm somit gleich hell erscheint wie der gelbe Grund. Für einen total farbenblinden Fisch hätte ich nun zwei Grau von gleicher Helligkeit gefunden. Lasse ich aber jetzt den Fisch zwei Stunden auf dem Grau, so bleibt er grau; belasse ich ihn zwei Stunden auf dem Gelb, so färbt er sich regelmäßig gelb, und hiermit zeigt er uns, daß er das Gelb von dem für ihn gleich hellen Grau verschieden sieht. Das Gelb hat also für ihn nicht nur Helligkeitswert, sondern Farbwert — der Fisch hat Farbensinn. Den Versuch habe ich überdies in verschiedener Weise abgeändert und dadurch noch beweiskräftiger gestaltet (v. Frisch 1912 (a), 1912 (b)).

v. Heß hat demgegenüber bestritten, daß ein gelber Untergrund auf die Färbung der Pfrillen einen nachweislichen Einfluß habe (1913 b, S. 407) und noch 1919 meine betreffenden Angaben als unrichtig bezeichnet (v. Heß 1919 a, S. 31, 32). Auch ein anderer Münchener Ophthalmologe (Freitag 1914 a) konnte keine spezifische Farbenanpassung der Pfrille beobachten. Beide Autoren haben somit an einem Fischmaterial gearbeitet, das für den eben besprochenen Versuch zum Nachweis des Farbensinnes nicht geeignet war. Huempel und Kolmer (1914) haben gezeigt, daß die Provenienz der Fische von Wichtigkeit ist, und an Münchener Pfrillen meine Angaben bestätigt, während sie an Wiener Tieren die Gelbfärbung auf gelbem Grunde nicht so ausgesprochen fanden. Es freut mich, daß neuerdings auch die Münchener Augenklinik in den Besitz von Pfrillen gelangt ist, die sich auf gelbem Grunde regelmäßig gelb färben: Schnurmann (1920) versucht in seiner bei v. Heß ausgeführten Arbeit, diese Tatsache mit der Annahme einer totalen Farbenblindheit durch eine gezwungene Hilfhypothese zu vereinbaren, unterläßt aber hierbei einen naheliegenden Kontrollversuch, durch dessen Ausfall seine Hypothese widerlegt wird⁵⁾.

Die Fähigkeit der Pfrillen, sich in ihrer Färbung an die Farbe des Untergrundes anzupassen, wird durch das Anpassungsvermögen der Schollen noch bei weitem übertroffen. Mast (1915, 1916) hat hierüber ausführliche Mitteilungen gemacht und hält auch seine Beobachtungen für unvereinbar mit der These einer totalen Farbenblindheit der Fische.

Noch einfacher als durch solche Anpassungsversuche läßt sich der Farbensinn der Fische durch Dressur auf farbiges Futter oder farbige Futternäpfe nachweisen. Ich habe solche Experimente auf dem Freiburger Zoologentag (1914 a) demonstriert, andere Untersucher haben das Ergebnis — zum Teil an anderen Fischarten und

mit abgeänderten Methoden — bestätigt⁶⁾, nur v. Heß ist die Dressur nicht gelungen (1913 b, S. 415—418).

Dressurversuche an Bienen haben gelehrt, daß auch den Insekten ein Farbensinn zukommt — was für jeden, der mit offenen Augen durch die Natur geht, von vornherein zu erwarten war⁷⁾. Durch Zuckerwasserfütterung auf einer farbigen, z. B. gelben Unterlage lassen sich Bienen in ein bis zwei Tagen, ja bei entsprechender Versuchsanordnung binnen ein bis zwei Stunden auf Gelb dressieren. Sie befliegen dann das Gelb auch bei Abwesenheit von Futter und unterscheiden es mit Sicherheit von allen Helligkeiten einer fein abgestuften Grauserie, was einem total farbenblinden Wesen nicht möglich wäre⁸⁾. Wir können bei den Bienen auf diesem Wege auch einen gewissen Einblick in die nähere Beschaffenheit ihres Farbensinnes gewinnen, einerseits indem wir sie der Reihe nach auf möglichst viele, verschiedene Farben dressieren (ich verwendete die 16 Heringschen Farbpapiere) und zusehen, ob sie all diese Farben von den Graustufungen unterscheiden, und ferner, indem wir den auf eine bestimmte Farbe dressierten Tieren die ganze Farbserie vorlegen und zusehen, ob und in welchem Maße sie die Dressurfarbe, nach der sie nun suchen, mit anderen Farben verwechseln. Mit der ersten Methode fand ich, daß die Dressur auf Orangerot, auf Gelb, auf ein gelbliches Grün, auf Blau, Violett oder Purpurrot einwandfrei gelingt. All diese Farben werden von grauen Papieren jeder beliebigen Helligkeit sicher unterschieden. Dagegen wurde ein gewisses Rot regelmäßig mit Schwarz und Dunkelgrau verwechselt und ein gewisses Blaugrün von grauen Papieren mittlerer Helligkeit nicht unterschieden. Die zweite Methode ergab, daß regelmäßig Verwechslungen zwischen gewissen Farben vorkommen, die für ein normales Menschaugenauge voneinander sehr verschieden sind. Grün und Orangerot wird mit Gelb, Blau wird mit Violett und Purpurrot verwechselt. Dagegen werden die „warmen“

⁵⁾ White 1919, Reeves 1919, Schiemenz in noch unveröffentlichten Versuchen aus dem Göttinger zoologischen Institut (Dressur auf Spektralfarben).

⁷⁾ Bei den blütenbesuchenden Insekten ist die Frage nach einem Farbensinn von besonderem Interesse, und manche von ihnen eignen sich vorzüglich zu Dressurversuchen; bei anderen Insekten ist aber auch, wie bei Fischen, die Farbenanpassung an die Umgebung verwertbar. So fand Brächer (1922) an gewissen Schmetterlingsraupen, daß die auffallende Anpassung der aus ihnen hervorgehenden Puppen an die Farbe der Umgebung durch das Auge der Raupen vermittelt wird, und konnte auch hier eine spezifische Farbwirkung einwandfrei nachweisen. Hingegen sollen sich Stabheuschrecken nach Schmitt-Auracher (1921) an die Farben der Umgebung nur entsprechend deren farblosen Helligkeitswerten anpassen.

⁸⁾ Auf die Einzelheiten der Versuchsanordnung und die zu beachtenden Fehlerquellen kann hier nicht eingegangen werden, vgl. diesbez. v. Frisch 1914b, 1919, 1922.

⁵⁾ Ich komme hierauf an anderer Stelle zurück.

Farben einerseits, die „kalten“ Farben andererseits voneinander ebenso sicher unterschieden wie von farblosem Grau. Ich kam dadurch (1914 b) zu der Überzeugung, daß der Farbensinn der Bienen mit dem Farbensinn der rotblindenden (protanopen) Menschen weitgehend übereinstimmt und daß somit die Bienen „Dichromaten“ sind. Auf diesen Punkt komme ich später noch zurück.

Ist nun ein Farbensinn unter den Wirbellosen etwa nur bei den hochorganisierten Insekten zu finden? Versuche, die ich 1913 gemeinsam mit *Kupelwieser* an niederen Crustaceen (*Daphnien*) unternommen habe, führten zu Ergebnissen, die nur durch die Annahme einer spezifischen Wirkung der Farben auf das Auge dieser „Wasserflöhe“, und am einfachsten durch die Annahme eines dichromatischen Farbensinnes erklärt werden können. Läßt man nämlich ein geeignetes Material von *Daphnia* im Dunkelzimmer an weißes Licht von mittlerer Intensität adaptieren, und sind die Tiere nach einiger Zeit gleichmäßig in ihrem Gefäß verteilt, so reagieren sie auf jede Herabsetzung der Lichtintensität (wenn sie nicht zu geringfügig ist) durch Bewegung zur Lichtquelle hin. Schaltet man vor die Lichtquelle ein blaues Strahlenfilter, so ist dies für ein total farbenblindes Auge gleichbedeutend mit einer Herabsetzung der Lichtintensität, die *Daphnien* reagieren aber auf das Vorschalten des Blaufilters in entgegengesetzter Weise wie auf Intensitätsverminderung, sie fliehen vor der Lichtquelle. Durch keine wie immer abgestufte Intensitätsverminderung des weißen Lichtes konnte dieser Erfolg ausgelöst werden. Andererseits reagieren die *Daphnien* auf jede Steigerung der Lichtintensität (innerhalb der bei unserm Apparat in Betracht kommenden Grenzen) durch Bewegung von der Lichtquelle fort. Fügt man aber zu dem weißen Licht, an welches die *Daphnien* adaptiert sind, gelbes Licht hinzu, so schwimmen die Tiere trotz der hiermit verbundenen Intensitätssteigerung auf die Lichtquelle zu. Es handelt sich demnach bei dem Einfluß von blauem und gelbem Licht auf die phototaktischen Bewegungen der *Daphnien* nicht nur um Intensitätswirkungen, sondern um spezifische Farbwirkungen. Bei Anwendung von Strahlenfiltern, die nur beschränkte, scharf umschriebene Spektralbezirke durchlassen, stellte sich heraus, daß der „positivierende“ Einfluß dem Rot, Gelb und Grün bis etwa zur Linie *b* des Sonnenspektrums, die „negativierende“ Wirkung dem Blaugrün, Blau und Violett zukommt.

Ewald (1914), *Kochler* (1921 und briefliche Mitteilungen) und, in etwas anderer Form, *Becher* (1921) haben die von uns gefundenen Tatsachen bestätigt, nur *v. Heß* sind die Versuche niemals gelungen, bei ihm verhalten sich die *Daphnien* nach wie vor so, wie es von total farbenblindenden Wesen zu erwarten ist (*v. Heß* 1914 b, 1919 b, 1922, S. 79).

Becher zeigte, daß ultraviolette Licht auf *Daphnien* besonders stark scheuchend wirkt, und hält für möglich, daß hier keine Farbwirkung im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern vielleicht eine „Schmerzwirkung“ vorliege⁹⁾. Da in unseren Versuchen bei den verwendeten blauen Lichtern eine Mitwirkung ultravioletter Strahlen nicht ausgeschlossen war, seien unsere Ergebnisse noch kein zwingender Beweis für einen Farbensinn. Zwei Umstände scheinen mir, sehr entschieden gegen diese Bechersche Auffassung zu sprechen: Erstens hat einer seiner Schüler, *Peters* (1921), zwei Cladocerenarten gefunden (*Peracantha truncata* und *Scapholeberis mucronata*), die gegen blaues und ultraviolettes Licht, im Gegensatz zu den anderen Cladoceren, positiv phototaktisch waren. Sie würden also regelmäßig die „Schmerzquelle“ aufsuchen. Und ferner hat *Kochler*¹⁰⁾ auch nach völliger Ausschaltung ultravioletter Strahlen die gleichen Resultate erhalten wie *Kupelwieser* und ich, und weiter gefunden, daß die *Daphnien* auch bei Verwendung spektraler Lichter, und zwar der Farbenpaare Gelbgrün-Violett, Gelb-Blau, Rot-Blaugrün jeweils die langwelligere Farbe aufsuchen, die kurzwelligere fliehen; auch hier ließ sich nach dem oben dargelegten Prinzip ausschließen, daß die Reaktion auf eine Intensitätsänderung zurückzuführen sei. Wollte man nun die spezifisch verschiedene Reaktion auf langwellige und kurzwellige Strahlen, mit Umgehung der Annahme eines Farbensinnes, durch eine „Schmerzwirkung“ der kurzwelligen Strahlen erklären, so wäre diese „schmerzende Wirkung“ nicht auf das Ultraviolett beschränkt, sondern würde sich durchs Violett und Blau bis ins Blaugrün erstrecken. Diese einzig dastehende Hypothese hat keine hinreichende Stütze. Viel einfacher erklären sich die Becherschen Befunde durch die Annahme, daß die Sichtbarkeitsgrenze des Spektrums für die *Daphnien* ins Ultraviolett hinaus verschoben ist — was, wie wir hören werden, auch für andere Arthropoden zutrifft.

Erhard (1913, 1921) ist an verschiedenen Crustaceen in Arbeiten, die unter der Leitung von *C. v. Heß* ausgeführt wurden, zu den gleichen Resultaten gekommen wie dieser. Gegen eine Schlußfolgerung auf totale Farbenblindheit besteht hier derselbe Einwand wie gegen die Heßsche Beweisführung: dadurch, daß der Helligkeitssinn eines Tieres mit dem des total farbenblindenden Menschen übereinstimmt, kann nicht das Fehlen eines Farbensinnes bewiesen werden.

Wie bei den Crustaceen das Bestehen einer spezifischen Farbwirkung, so ist auch bei den Insekten das (von *Heß* zunächst strikte abgelehnte) Gelingen der Dressurversuche bereits von

⁹⁾ Der Angriffspunkt dieser Schmerzwirkung wäre nur das Auge; denn schon *van Herwerden* (1914) fand, daß *Daphnien* mit angeborenem oder künstlich erzeugtem Augendefekt im Gegensatz zu normalen Tieren auf ultraviolette Strahlen nicht negativ phototaktisch reagieren.

¹⁰⁾ *Kochler* 1921 und weitere, noch unveröffentlichte Untersuchungen.

so vielen Seiten bestätigt worden, daß auch der Fernerstehende nicht mehr zweifeln wird. Ich verweise besonders auf *Kühn* (1921) und auf die umfangreichen, durch ihre Methodik ausgezeichneten Untersuchungen *Knolls* (1919, 1921, 1922), über welche Sie ja durch Vorträge, die er selbst an dieser Stelle wiederholt gehalten hat, hinreichend unterrichtet sind; er hat außer an Bienen auch bei Fliegen und Schmetterlingen Farbensinn nachgewiesen und bei allen diesen Insekten gegenüber Pigmentfarben bis in die Einzelheiten das gleiche Verhalten gefunden, wie ich an Bienen.

Es ist interessant, welchen Ausweg *v. Heß* neuerdings gesucht hat: wenn die dressierten Bienen farbige Papiere unterscheiden konnten, die für den total farbenblinden Menschen gleichen Helligkeitswert hatten, so sei dies durch den verschiedenen Ultraviolettgehalt der Papiere bedingt, der für das Bienenauge das eine Papier heller mache als das andere. Denn eben wegen der Ultraviolettempfindlichkeit der Biene brauche eine für das total farbenblinde Menschenauge gültige Gleichung zwischen zwei farbigen Flächen oder zwischen einer farbigen und einer farblosen Fläche nicht auch für das total farbenblinde Bienenauge zu gelten (1920 b, besonders S. 309). Dies steht aber in schroffem Widerspruch zu seinem früheren, an den gleichen Pigmentpapieren und ohne Ausschaltung des Ultraviolett gewonnenen Satze: „Eine blaue und eine gelbe Fläche, die dem total farbenblinden Menschenauge gleich hell erscheinen, wirken auch auf die Bienen wie gleich helle Flächen“ (*v. Heß* 1916, S. 305). Früher konnte er auf Grund seiner Messungen „mit mathematischer Bestimmtheit“ voraussagen, wie sich die Bienen gegenüber beliebigen farbigen oder farblosen Flächen verhalten würden, sobald deren Helligkeitswert für das total farbenblinde Menschenauge bekannt war (1918, S. 351, 352; ferner 1913 c, S. 103, 104; 1916, S. 302—306), jetzt sollen die Bienen unter den gleichen Bedingungen die gleichen Papiere infolge des verschiedenen Ultraviolettgehaltes ganz anders sehen als der total farbenblinde Mensch. Ist seine jetzige Behauptung richtig, so ist seine frühere falsch; hiermit zerstört er aber selbst zum guten Teil das Fundament, auf dem er seine Hypothese von der totalen Farbenblindheit der Insekten aufgebaut hat¹¹⁾.

Ich habe mich überzeugt, daß Bienen, die durch Fütterung auf unbedecktem blauem oder gelbem Papier auf diese Farben dressiert waren, die Dressurfarbe auch dann mit Sicherheit unter allen Graustufungen herausfanden, wenn vor Versuchsbeginn sämtliche Papiere mit Schwerst-

flintglas bedeckt wurden, das die ultravioletten Strahlen fast vollständig absorbiert. Der Dressurerfolg kann also nicht, wie *v. Heß* will, auf den verschiedenen Ultraviolettgehalt der Papiere zurückgeführt werden. Viel eleganter haben dies kürzlich *Kühn* und *Pohl* dargetan (1921) durch Dressur der Bienen auf Spektrallinien¹²⁾. Nach Dressur auf die gelbe Linie eines Quecksilberspektrums (578 μ) befliegen die Bienen spektrales Gelb und Grün, nicht aber kurzwelligere Spektrallinien. Variieren der Helligkeit innerhalb weiter Grenzen änderte hieran nichts. Nach Fütterung auf Blau (436 μ) befliegen sie spektrales Blau und Violett, während nun der langwellige Bezirk völlig gemieden wurde. Weiter aber konnten sie feststellen, daß auch die Dressur auf Ultraviolett (365 μ) gelingt, und fanden die interessante Tatsache, daß dieses Ultraviolett von weißem Licht wie auch von allen für uns sichtbaren Spektralbezirken qualitativ unterschieden wird¹³⁾. Schließlich war

¹²⁾ Auch *Knoll* (1922, S. 293—300) hat an Schmetterlingen Spektrumversuche angestellt und gezeigt, daß sie nach Dressur auf violettes Pigmentpapier spektrales Blau und Violett, nach Dressur auf gelbe Forsythia- blüten spektrales Orange, Gelb und Grün anfliegen. — Von besonderem methodischen Interesse sind Versuche *Hamiltons* an Fliegen (*Drosophila*), über die leider bisher nur eine kurze vorläufige Mitteilung (1922) vorliegt: Die Fliegen wurden im Dunkelmuseum in ein horizontal gestelltes Glasrohr gebracht. Bestrahlt man sie von beiden Seiten, durch die beiden offenen Enden des Glasrohres, mit monochromatischem (spektralem) Licht von gleicher Wellenlänge, aber verschiedener Intensität, so eilen die (positiv phototaktischen) Fliegen nach dem helleren Ende. Macht man die Intensität der beiden Lichter gleich, so verteilen sie sich gleichmäßig im Glasrohr. Belichtet man sie von beiden Seiten mit monochromatischem Licht von verschiedener Wellenlänge, also mit zwei verschiedenen Farben, so läßt sich auch so, indem man die Intensität des einen Lichtes variiert, rasch ein Verhältnis finden, bei dem sich die Fliegen gleichmäßig im Rohr verteilen. Nun wird das Licht der einen Seite abgeblendet und die Tiere bleiben durch längere Zeit der Einwirkung des anderen (andersfarbigen) Lichtes ausgesetzt. Läßt man nach einiger Zeit wieder beide Farben (in der früheren Intensität) einwirken, so erweist sich die vorher gefundene Gleichung nicht mehr gültig, sondern die Fliegen sammeln sich sofort bei jener Farbe, für die sie nicht ermüdet sind. Dies Ergebnis ist nur verständlich, wenn die Lichter von verschiedener Wellenlänge qualitativ verschieden wirken. Für Monochromaten wären ja die zwei auf gleiche Wirkung eingestellten Farben zwei farblose Lichter von gleicher Helligkeit, und das Auge müßte daher durch das eine Licht auch für das andere Licht gleich stark ermüdet werden. Volle Beweiskraft erhält der Versuch durch folgende Kontrolle: man bestrahlt von beiden Seiten mit Lichtern von gleicher Wellenlänge, stellt auch jetzt die Intensität so ein, daß sich die Fliegen gleichmäßig verteilen, und blendet dann, wie beim früheren Versuch, das eine Licht durch einen Schirm ab; nach Entfernung des Schirmes verteilen sich die Fliegen ebenso gleichmäßig zwischen beiden Enden des Glasrohres wie vor der Abblendung.

¹³⁾ *v. Heß* fand, daß das Ultraviolett im Arthropodenauge starke Fluoreszenz der brechenden Medien bewirkt. Gegen seine Annahme, daß die nervöse Substanz des Arthropoden Auges nur durch das grüne Fluoreszenzlicht und nicht durch die ultravioletten Strahlen selbst erregt werde, hat schon *Becher* (1921,

¹¹⁾ Den Leser der *v. Heßschen* Schriften möchte ich, sofern er sich für diese Fragen ernstlich interessiert, ganz allgemein bitten, bei den Stellen, die sich auf meine Arbeiten beziehen, diese selbst nachzusehen. Er wird darin wesentlich anderes gedruckt finden, als *v. Heß* zitiert — wie ich bei früherer Gelegenheit schon mehrmals gezeigt habe.

ihnen auch die Dressur auf spektrales Blaugrün (492 μ) möglich, das gleichfalls von den Bienen weder mit anderen Spektralfarben noch mit weißem Licht jeder beliebigen Helligkeit verwechselt wurde.

Diesem spektralen Blaugrün entspricht für das menschliche Auge ungefähr ein blaugrünes Pigmentpapier, welches die Bienen bei meinen Versuchen von grauen Papieren mittlerer Helligkeit nicht unterschieden hatten. Den Schlüssel zu diesem Widerspruch geben uns vielleicht folgende Versuche Kühns (1921), durch welche er unsere Kenntnisse vom Farbensinn der Bienen auch nach einer anderen Richtung wesentlich erweitert hat.

Er fütterte Bienen aus einem Schälchen, das auf einem quadratischen grauen Felde stand und von einem ringförmigen Streifen aus blauem Pigmentpapier umgeben war. Nach einigen Stunden ist die Dressur gelungen: werden den Bienen auf grauen Feldern verschiedener Helligkeit teils graue, teils blaue Ringe (jetzt natürlich ohne Futter) vorgelegt, so werden nur die letzteren, niemals die grauen Ringe befliegen. Doch fallen die Bienen sofort auch auf den grauen Ringen ein, wenn sie auf gelben Untergrund gelegt werden. Also: dieselben Grauringe (von verschiedenster Helligkeit), die auf grauen Unterlagen keine Wirkung auf die blanddressierten Bienen haben, locken sie auf gelben Unterlagen sofort an. „Ein graues Feld in gelber Umgebung erhält also für den Lichtsinn der Bienen den Reizwert von Blau.“

Hierdurch ist für die Insekten der „simultane Farbenkontrast“ erwiesen und zugleich gezeigt, daß Blau und Gelb nicht nur für das Wirbeltierauge, sondern auch für das so abweichend organisierte Bienenauge „Komplementärfarben“ sind¹⁴⁾. Wir dürfen gespannt sein, ob der Versuch auch mit Spektralfarben gelingt und insbesondere, ob sich auch Blaugrün und Ultraviolett für das Bienenauge als Komplementärfarben erweisen. Fast möchte ich es erwarten, denn so könnte sich der Widerspruch zwischen dem Mißlingen der Dressur auf das blaugrüne Pigmentpapier und dem klaren Erfolg bei Dressur auf spektrales Blaugrün einfach lösen: das blaugrüne Pigmentpapier reflektiert sehr viel Ultraviolett (Kühn und Pohl 1921), somit neben dem Blaugrün auch die Komplementärfarbe für das Bienenauge, und deshalb wirkt es auf dieses wie Grau. Ob es sich tatsächlich so verhält, können nur neue Versuche zeigen, für welche der Weg klar vorgezeichnet ist.

Sie sehen, hier ist noch manches im Fluß und wir dürfen hoffen, bald zu einem tieferen Ver-

S. 66) Bedenken geäußert und durch den Nachweis einer spezifischen Wirkung des Ultraviolett wird sie nun unzweideutig widerlegt.

¹⁴⁾ Zu der gleichen Auffassung kam Knoll bei Schmetterlingen auf anderem Wege (1922, S. 290 bis 293).

ständnis des tierischen Farbensinnes zu gelangen, als noch vor kurzem möglich schien. Aber auch die Blütenbiologie wird gerade aus diesen Erfahrungen über den Farbensinn der Insekten neue Anregungen schöpfen. Ich möchte hier nur auf eines aufmerksam machen: Knoll hat u. a. geprüft, wie sich Schmetterlinge, die auf ein blauviolett Pigmentpapier dressiert waren, gegen über Blütenblättern verschiedenfarbiger, natürlicher Blumen verhalten. Er beobachtete, daß sie die blauen und purpurroten Blumenblätter befliegen, aber auch ziemlich leicht an gewisse weiße Blüten übergingen (Knoll 1922, S. 301–307). Es liegt nahe, einen gemeinsamen Ultraviolettgehalt des blauen Papiers und jener weißen Blumen dafür verantwortlich zu machen. Aber auch hier sind wir zunächst auf Vermutungen angewiesen. Es wird eine dankbare Arbeit sein, die Beziehungen zwischen den Blumenfarben und der Ultraviolett Wahrnehmung der Blütengäste aufzudecken.

Doch unausgeführte Arbeiten sind empfindliche Wesen, die nicht vertragen, daß zu laut über sie gesprochen wird, und niemand weiß auch zu Beginn einer Untersuchung, wohin er durch den Zwang der Tatsachen geführt wird. So will ich Ihnen nichts weiter von Vermutungen, sondern lieber zu späterer Zeit von geschehener Arbeit berichten.

Neuere Literatur.

- Armbruster, L., über das Farbensehen bei Wespen. Naturwissensch. Wochenschrift, N. F., Bd. 21, 1922, S. 419–422.
- Becher, S., Neue Versuche zum Problem des Licht- und Farbensehens der Daphnien. Verhandl. Deutsch. Zool. Ges. 1921, S. 60–67.
- Brocher, L., Die Farbanpassung der Schmetterlingspuppen durch das Raupenauge. Verhandl. Zool. bot. Ges. Wien Bd. 72, 1922, S. 35–40.
- Erhard, H., Beiträge zur Kenntnis des Lichtsinnes der Daphnien. Biol. Centralbl. Bd. 33, 1913, S. 494 bis 496. — Zur Kenntnis des Lichtsinnes einiger niedriger Krebse. Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys. Bd. 39, 1921, S. 63–82.
- Ewald, W. F., Ist die Lehre vom tierischen Phototropismus wiederlegt? Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 37, 1913, S. 581–598. — Versuche zur Analyse der Licht- und Farbenreaktionen eines Wirbellosen (Daphnia pulex). Zeitschr. f. Stimmphysiol. Bd. 48, 1914, S. 285–324.
- Freitag, G., Lichtsinnuntersuchungen bei Tieren. I. Fische: Phoxinus laevis (Ellritze, Pfrille). Arch. f. vergl. Ophthalm. Bd. 4, 1914 (a), S. 68–82. — Dasselbe II. Insekten: Tenebrio molitor (Mehlkäfer). Arch. f. vergl. Ophthalm. Bd. 4, 1914 (b), S. 151 bis 161.
- v. Frisch, K., Über farbige Anpassung bei Fischen. Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys. Bd. 32, 1912 (a), S. 171–230. — Sind die Fische farbenblind? Ebenda Bd. 33, 1912 (b), S. 107–126. — Weitere Untersuchungen über den Farbensinn der Fische. Ebenda Bd. 34, 1913, S. 43–68. — Demonstration von Versuchen zum Nachweis des Farbensinnes bei angeblich total farbenblinden Tieren. Verhandl. Deutsch. Zool. Ges. 1914 (a), S. 50–58. — Der Farbensinn und Formensinn der Biene. Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys. Bd. 35, 1914 (b), S. 1–188 (auch als Buch, G. Fischer,

- Jena 1914). — Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der Bienen. *Biol. Centralbl.* Bd. 39, 1919, S. 122—139. — Methoden, sinnesphysiologischer und psychologischer Untersuchungen an Bienen, in *Abderhaldens Handbuch der biol. Arbeitsmethoden*, 1922.
- v. Frisch und Kupelwieser, Über den Einfluß der Lichtfarbe auf die phototaktischen Reaktionen niederer Krebse. *Biol. Centralbl.* Bd. 33, 1913, S. 517—552.
- Haempel und Kolmer, Ein Beitrag zur Helligkeits- und Farbenanpassung bei Fischen. *Biol. Centralbl.* Bd. 34, 1914, S. 450—458.
- Hahn, E., Über den Farbensinn der Tagvögel und die Zapfenbäugeln. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. 116, 1916, S. 1—42.
- Hamilton, W. F., A direct method of testing color vision in lower animals. *Proc. nat. acad. Sc. U. S. A.* Bd. 8, 1922, S. 350—353.
- Hecht, S., The relation between the wave length of light and its effect on the photosensory process. *Journ. of General Physiol.* Bd. 3, 1921, S. 375—390.
- Henning, H., Optische Versuche an Vögeln und Schildkröten über die Bedeutung der roten Ölkugeln im Auge. *Pflügers Arch. ges. Phys.* Bd. 178, 1920, S. 91—123.
- von Herwerden, M. A., Über die Perzeptionsfähigkeit des Daphnienauges für ultraviolette Strahlen. *Biol. Centralbl.* Bd. 34, 1914, S. 213—216.
- Heß, C., Untersuchungen über den Lichtsinn bei Fischen. *Arch. f. Augenheilk.* Bd. 64, 1909, Ergänzungsheft. — Untersuchungen über den Lichtsinn bei Reptilien und Amphibien. *Pflügers Arch. ges. Phys.* Bd. 132, 1910, S. 255—295. — Experimentelle Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. *Ebenda* Bd. 142, 1911, S. 405 bis 446. — Untersuchungen zur Frage nach dem Vorkommen von Farbensinn bei Fischen. *Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys.* Bd. 31, 1912, S. 629—646. — Gesichtssinn. *Wintersteins Handbuch d. vergl. Physiol.* Bd. 4, Jena 1913 (a), S. 555 bis 839. — Neue Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. *Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys.* Bd. 33, 1913 (b), S. 387 bis 440. — Experimentelle Untersuchungen über den angeblichen Farbensinn der Bienen. *Ebenda* Bd. 34, 1913 (c), S. 81—106. — Neue Untersuchungen über die Sehqualitäten der Bienen. *Die Naturwissensch.* 1914 (a), Heft 34/35. — Eine neue Methode zur Untersuchung des Lichtsinnes bei Krebsen. *Arch. f. vergl. Ophthalm.* Bd. 4, 1914 (b), S. 52—67. — Untersuchungen zur Physiologie des Gesichtssinnes der Fische. *Zeitschr. f. Biologie* Bd. 63, 1914 (c), S. 245—274. — Untersuchungen über den Lichtsinn mariner Würmer und Krebse. *Pflügers Arch. ges. Phys.* Bd. 155, 1914 (d), S. 421 bis 435. — Untersuchungen über den Lichtsinn bei Echinodermen. *Ebenda* Bd. 160, 1914 (e), S. 1—26. — Messende Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie des Pupillenspieles. *Arch. f. Ophthalm.* Bd. 90, 1915, S. 382—393. — Messende Untersuchung des Lichtsinnes der Biene. *Pflügers Arch. ges. Phys.* Bd. 163, 1916, S. 289—320. — Der Farbensinn der Vögel und die Lehre von den Schmuckfarben. *Ebenda* Bd. 166, 1917, S. 381—426. — Beiträge zur Frage nach einem Farbensinn bei Bienen. *Ebenda* Bd. 170, 1918, S. 337—366. — Über Gesichtsfeld, Silberglanz und Sehqualitäten der Fische und über die Lichtverteilung im Wasser. *Zeitschr. f. Biologie* Bd. 70, 1919 (a), S. 9—40. — Der Lichtsinn der Krebse. *Pflügers Arch. ges. Phys.* Bd. 174, 1919 (b), S. 245—281. — Über Lichtreaktionen bei Raupen und die Lehre von den tierischen Tropismen. *Ebenda* Bd. 177, 1919 (c), S. 57—109. — Beiträge zur Kenntnis des Lichtsinnes bei Wirbellosen. *Ebenda* Bd. 183, 1920 (a), S. 146—167. — Die Bedeutung des Ultraviolett für die Lichtreaktionen bei Gliederfüßern. *Ebenda* Bd. 185, 1920 (b), S. 281—310. — Neues zur Frage nach einem Farbensinn bei Bienen. *Die Naturwissenschaften*, 1920 (c), S. 927—929. — Methoden zur Untersuchung des Licht- und Farbensinnes sowie des Pupillenspieles, in *Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden*, 1921. — Farbenlehre, in *Asher u. Spiro, Ergebn. d. Physiol.* Bd. 20, 1922, S. 1—107.
- Honigsmann, H., Methoden zur Erforschung von Licht- und Farbensinn der Tiere. *Jahresber. d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur* 1916. — Untersuchungen über Lichtempfindlichkeit und Adaptierung des Vogelauges. *Pflügers Arch. ges. Phys.* Bd. 189, 1921, S. 1—72.
- Knoll, F., Gibt es eine Farbensinn der Insekten? *Die Naturwissenschaften* 1919, S. 425—430. — Insekten und Blumen, experimentelle Arbeiten zur Vertiefung unserer Kenntnisse über die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Tieren, Heft 1: I. Zeitgemäße Ziele und Methoden für das Studium der ökologischen Wechselbeziehungen. II. *Bombylius fuliginosus* und die Farbe der Blumen. *Abhandl. d. zool.-botan. Gesellsch. in Wien*, Bd. 12, Wien 1921. — Dasselbe, Heft 2: III. Lichtsinn und Blumenbesuch des Falters von *Macroglossum stellatarum*. *Ebenda*, Wien 1922.
- Koehler, O., Diskussionsbemerkung zu Bechers Versuchen über Licht- und Farbsehen der Daphnien. *Verhandl. deutsch. zool. Gesellsch.* 1921, S. 64, 65.
- Kühn, A., Nachweis des simultanen Farbenkontrastes bei Insekten. *Die Naturwissenschaften* 1921, S. 575—576.
- Kühn und Pohl, Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien. *Die Naturwissenschaften* 1921, S. 738 bis 740.
- Loeb and Wastencys, The relative efficiency of various parts of the spectrum for the heliotropic reactions of animals and plants, 2. Comm., *Journ. exp. Zool.* Bd. 20, 1916, S. 217—236.
- Mast, S. O., Changes in shade, color and pattern in fishes and their bearing on certain problems of behavior and adaptation, *Proceed. Nat. Acad. Sc. Bd. 1*, 1915, S. 214—219. — Changes in shade, color and pattern in fishes, and their bearing on the problems of adaptation and behavior, with especial reference to the flounders *Paralichthys* and *Ancyllosetta*. *Bull. of the Bureau of fisheries* Bd. 34, Doc. Nr. 821, Washington 1916, S. 177—238.
- Peters, E., Vergleichende Untersuchungen über den Lichtsinn einheimischer Cladocerenarten. *Sitzungsber. u. Abhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Rostock* Bd. 7, 1921, S. 227—229.
- Reeves, C. D., Discrimination of light of different wavelengths by fish. *Behavior Monographs*. Bd. 4, Nr. 3, 1919, S. 1—106.
- Schmitt-Lauracher, A., Totale Farbenblindheit bei einem Insekt. *Die Umschau* Jg. 25, 1921, S. 490—493.
- Schnurmann, F., Untersuchungen an Elritzen über Farbenwechsel und Lichtsinn der Fische. *Zeitschr. f. Biologie* Bd. 71, 1920, S. 69—98.
- Watson, J. B., Studies on the spectral sensitivity of birds. *Papers from Dep. Marine Biol. Carnegie Instit. Washington* Bd. 7, 1915, S. 85—104.
- White, G. M., Association and color discrimination in mudminnows and sticklebacks. *Journ. exper. Zool.* Bd. 27, 1919, S. 443—498.
- Yerkes, R. M., Preliminaries to a study of color vision in the Ring-Dove *Turtur risorius*. *Journ. of animal behavior* Bd. 5, 1915, S. 25—43.

Besprechungen.

Rinne, F., Kristallographische Formenlehre und Anleitung zu kristallographisch-optischen sowie röntgenographischen Untersuchungen. 4. u. 5. Aufl. 3 Teile. Leipzig, Dr. M. Jänecke, 1922. XII, 254 S., 585 Abb. und 1 Tafel. 16 × 24 cm. Preis Teil 1. Gz. 2,50; Teil 2. Gz. 3,50; Teil 3. Gz. 2,—.

Das Rinnesche Buch hält nach Anlage und Ausführung die Mitte zwischen einem Lehrbuch und einem Repetitorium. Es soll, dem Vorwort gemäß, Studierende der Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie und Mineralogie, in die kristallographische Formenlehre, die kristallographisch-optischen und die röntgenographischen Untersuchungsmethoden einführen und als ratgebendes Buch die Teilnahme am einschlägigen Praktikum erleichtern. Es ist also aus den Bedürfnissen des Hochschulunterrichtes heraus entstanden, und, wie man an vielen Stellen durchfühlt, von der langen Praxis eines begeisterten und begeisternden Hochschullehrers getragen.

In allen Teilen geht das Buch darauf aus, nicht abstrakte Wissenschaft vorzutragen, sondern zu eigener Tätigkeit anzuregen und darauf vorzubereiten.

Diesem Streben kommt auch die Kürze entgegen, die den Leser zu intensivem Mitarbeiten zwingt, wenn anders er sich nach den oft knappen Angaben des Verfassers volle Rechenschaft über den Inhalt geben will. Großer Wert ist auf die Sprache der zahlreichen Figuren gelegt, die häufig eine ausführlichere Beschreibung in Worten unnötig machen. Manchmal ist ihre Erläuterung im Text aber wohl doch zu knapp gehalten und es wird der mündlichen Ergänzungen im Praktikum bedürfen, damit der Studierende Nutzen daraus gewinnen kann. Für denjenigen, der den Gegenstand aus breiteren Darstellungen kennt, werden diese Abbildungen — mir fallen als Beispiele die Abb. 322/323 zur Theorie des Mikroskopes, sowie 562 „Indicesfeld“ — nützliche Erinnerungsbilder erwecken, die ihn zum Nachdenken anregen können. Aber es liegt entschieden ein gewisses Unbehagen darin, daß der Leser gezwungen ist, beim Lesen Vorsicht walten zu lassen, weil er sich nicht an allen Stellen darauf verlassen kann, daß ihm die Grundlagen zum eigentlichen Verständnis der durch die Figuren erläuterten knappen Textstellen in den Worten des Textes voll geboten werden. Dies ist der Grund, weshalb ich das Buch oben mit einem Repetitorium vergleichen habe. Im übrigen muß anerkannt werden, daß im allgemeinen der Verfasser ein großes Geschick bekundet, in Kürze das Wichtige zu sagen und daß wohl kein anderes Buch auf so beschränktem Raum soviel positive theoretische und praktische Anleitung für kristallographisches Arbeiten bietet.

Einer besonderen Besprechung bedarf der dritte Teil des Buches, die Darlegung der Röntgenmethoden zur Kristalluntersuchung oder, wie der Verfasser sagt, der Kristall-Röntgenogrammetrie. Während es nämlich über die Gegenstände der beiden ersten Teile auch andere und zwar lehrbuchmäßiger ausgearbeitete Darstellungen gibt, ist die Zusammenfassung der Röntgenmethoden bisher einzig in ihrer Art. In diesem Teile bedauert man mehr als in den anderen, daß die Darstellung nicht etwas breiter ist. Das Buch ist auch hier eigentlich der Ratgeber neben dem Praktikum, das den Studierenden in Leipzig im Rinneschen Institut erfreulicherweise geboten werden kann. Da dies in Deutschland aber noch zu den Seltenheiten gehört, würde man gerade auf diesem Gebiet gern eine

größere Ausführlichkeit hinnehmen. Z. B. glaube ich nicht, daß viele Studierende der Kristallographie oder Chemie sich nach dem Text und den Abbildungen eine Vorstellung von dem Arbeiten der Siegbahn- oder gar Lilienfeldröhre machen können oder daß sie in den Sinn des Verfahrens mit dem Indicesfeld eindringen werden. Für den Kenner der Grundlagen ist die knappe Übersicht über die geometrische Verwertung der Interferenzerscheinungen bei den verschiedenen Verfahren (*Laue, Bragg, Debye-Scherrer, Schiebold*) unter Berücksichtigung der graphischen Hilfsmittel besonders erfreulich. Über die Verwertung des letztgenannten — aus dem Institut des Verfassers stammenden — Verfahrens gibt ein Beitrag *Schiebolds* zum ersten Male Einzelheiten. In dem ganzen Abschnitt über das Röntgenverfahren habe ich aber den prinzipiell wesentlichen Hinweis vermißt, daß nur durch die Diskussion der Intensitäten eine Struktur endgültig bestimmt werden kann und daß die Benutzung des geometrischen Tatsachenmaterials der Interferenzbilder hierzu nicht ausreicht (Strukturfaktor!). Einige Beispiele von Kristallstrukturen beschließen diesen Abschnitt, der den Methoden der Röntgenuntersuchung gewidmet ist, während für die Diskussion ihrer Ergebnisse auf *F. Rinne*, „Das feinbauliche Wesen der Materie nach dem Vorbilde der Kristalle“ verwiesen wird.

P. P. Ewald, Stuttgart.

Kohlrausch, Friedrich, Lehrbuch der praktischen Physik. 14. stark vermehrte Auflage. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1923. XXVIII, 802 S. und 395 Abb. 14 × 22 cm. Preis Gz. geh. 12; geb. 14.

Das Lehrbuch hat in der vorliegenden Ausgabe — der dritten, die nach dem Tode des Verfassers von Angehörigen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bearbeitet worden ist — wiederum eine große Reihe von Zusätzen und Ergänzungen erfahren. Sie betreffen alle Teile des Buches, so daß im folgenden nur die hauptsächlichsten erwähnt werden können. So wurden die technischen Anweisungen auf die Behandlung hoher Drucke ausgedehnt und der Wägung und der Bestimmung von Gas- und Dampfdichten neue Beispiele und Verfahren angefügt. Eine Erweiterung erfuhr das Kapitel über die Längenmessung, ferner die Thermometrie in bezug auf das Gas- und Dampfdruckthermometer sowie auf die Pyrometer, welchen die Messung der Gesamtstrahlung zugrunde liegt. Die Darstellung über die Messung der Gefrier- und Siedepunktsänderung von Lösungen wurde umgearbeitet, die ν -Messungen der Gase sowie der Joule-Thomson-Effekt kurz behandelt. Die Messung der Schallgeschwindigkeit fand eine eingehendere Beschreibung.

Von den optischen Kapiteln blieben im wesentlichen nur die Messungen der Kristalle und des natürlichen Drehvermögens ungeändert; alle anderen sind einer durchgreifenden Umarbeitung unterzogen. Obwohl sich dabei durch eine straffere Anordnung des Stoffes bei der Zusammengehöriges mehr als bisher vereinigt wurde, Kürzungen im einzelnen erreichen ließen, mußte doch im ganzen der alte Umfang der Optik vergrößert werden, damit alle wichtigeren Beobachtungsverfahren berücksichtigt werden konnten. Die Verteilung des Stoffes auf die einzelnen Kapitel ist im wesentlichen beibehalten, nur kam ein neues über magneto-optische Untersuchungen hinzu, das außer von der elektromagnetischen Drehung der Polarisationssebene von dem Zeeman- und dem Stark-Effekt handelt. Besonders wurden die Kapitel über das Spektrometer und über die Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge wesent-

lich erweitert. Bei der Behandlung der Linsen fanden die Methoden zur Untersuchung des Korrektionszustandes, bei der Photometrie die Messung verschiedenfarbiger Lichtquellen sowie die objektive Bestimmung der Lichtquellen Berücksichtigung.

Die Darstellung der elektrischen und magnetischen Messungen konnte an manchen Stellen gekürzt und zusammengezogen werden, wobei man durch einige Umstellungen und eine Unterteilung in kleinere Abschnitte eine bessere Übersicht zu erreichen suchte. Die Kapitel über Elektrometrie, magnetische Induktion, Wechselströme, elektrische Schwingungen, ionisierte Gase, Kathoden- und Kanalstrahlen wurden teilweise umgearbeitet und erweitert, sowie ein neuer Abschnitt über Dielektrika eingefügt, der außer dem früheren Kapitel über die Dielektrizitätskonstante die Bestimmungen der Leitfähigkeit und der Durchschlagsfestigkeit enthält.

Die kurzen Kapitel über elektrische Maschinen und Transformatoren sind weggelassen. Da in dieser Hinsicht wohl schon vielfach ausführlichere Darstellungen zu Hilfe genommen worden sind, wird die Lücke nicht sehr empfunden werden. Die Messung der elektrischen Lampen ließ sich mit der Photometrie der übrigen Lichtquellen vereinigen.

In die 10. Tabelle über feste Körper wurden die Werte der Suszeptibilität mit aufgenommen, ebenso in die 11. über Flüssigkeiten dieselbe Größe, ferner die Kapillarkonstante, die Zähigkeit und die Dielektrizitätskonstante. Wesentlich vergrößert wurden die Tabelle 12 über Gas und die Tabellen 22 und 33 über Wellenlängen; neu hinzugekommen ist Tabelle 28 über die Empfindlichkeit des Auges.

In dem Zeitraum von über fünfzig Jahren, seitdem die erste Auflage erschienen ist, hat sich nicht allein der Umfang des Buches entsprechend der Entwicklung der Physik vermehrt, sondern auch sein Zweck erweitert. Denn der Stoff, der anfangs nur für den Unterricht im physikalischen Anfängerpraktikum ausgewählt worden war, wurde immer mehr nach der wissenschaftlichen Seite vervollständigt, so daß daraus auch der Vorleschrittene Nutzen ziehen konnte. Dieser doppelten Bestimmung des Buches, den Physiker in die praktische Arbeit einzuführen und ihn später bei der Lösung wissenschaftlicher Aufgaben zu beraten, wird hoffentlich auch die neue Auflage gerecht werden. *Vorwort.*

Goetz, A., Physik und Technik des Hochvakuums.

Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 64. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. VIII, 144 S. Preis Gz. 5.

Das Buch ist in erster Linie für junge Physiker bestimmt, die sich mit den Arbeitsmethoden zur Erzielung eines guten Vakuums vertraut machen wollen. Bisher war der angehende Physiker gezwungen, sich die für die Vakuumarbeiten erforderlichen Kenntnisse durch ein mühsames Studium zahlreicher in den Zeitschriften verstreuter Einzelarbeiten anzueignen. Das vorliegende Bändchen erleichtert in erfreulicher Weise dieses Einarbeiten, indem es einen geschlossenen Überblick über die Arbeitsmethoden und Apparaturen des Vakuumphysikers gibt — wenigstens so weit diese in den Physikalischen Instituten der Hochschulen zur Anwendung gelangen. Der Vakuumtechniker vermißt allerdings manches, so findet man z. B. nichts über die im Vordergrund des Interesses stehenden „Getter“.

Eingehend beschrieben sind die gebräuchlichen Vorkampumpen, die Konstruktionen von Gaede und Pfeiffer-Wetzlar, weiter die rotierende Gaede-Quecksilberpumpe, die Molekularluftpumpe und die Queck-

silberdampfstrahlpumpen. Anschließend werden die Manometer besprochen (Kompressionsmanometer, Manometer nach Langmuir und Knudsen), sowie das auf der Wärmeleitung beruhende Druckmeßverfahren von Pirani und Halc. Bei der dann folgenden Aufzählung der Druckmeßverfahren, die auf den Änderungen der Entladungserscheinungen mit dem Druck (Raumladung, Ionisation) beruhen, vermißt der Referent gerade das gebräuchlichste Verfahren bei Eingitterröhren (Gitter geringes negatives Potential, Anode hohes positives Potential gegenüber der Kathode), das unter anderen von Kaufmann und Scrovy rechnerisch ausgewertet ist. Auch ist es wohl etwas kühn, von der Messung von Drucken wie 10^{-15} mm oder gar 10^{-27} mm Hg zu sprechen; Drucke unter 10^{-9} bis 10^{-11} mm Hg dürften nur sehr schwer in Glasapparaturen herzustellen sein. Die dann folgenden Abschnitte über die Reinigung des Quecksilbers, Behandlung von Schliffen, Hähnen, Anwendung von Trockenmitteln bringt eine Summe von praktischen Erfahrungen, die dem Physiker das Arbeiten mit hochevakuierten Entladungsröhren erleichtern und deren Zusammenstellung sehr erwünscht ist. Der Schluß des Werkes befaßt sich mit der Gasabgabe von Metallen, der Okklusion und Adsorption von Gasen und verwandten Erscheinungen.

Bedauerlicherweise erschweren eine Anzahl Unklarheiten die Lektüre des Buches. So pflegt man z. B. in dem Richardsonschen Gesetz die Gaskonstante mit k (Boltzmannsche Konstante) und nicht mit R , wie es in dem Buch geschehen, zu bezeichnen. Der Buchstabe R ($R = 83,13 \cdot 10^6$ erg/grad) ist für die Gaskonstante bezogen auf das Mol, der Buchstabe k ($k = 1,3719 \cdot 10^{-16}$ erg/grad) für die Gaskonstante bezogen auf ein Molekül (Elektron) gebräuchlich. — Alles in allem genommen, ist jedoch das Buch eine erfreuliche Bereicherung unserer Vakuumliteratur. A. Gehrts, Berlin.

Waßmuth, A., Grundlagen und Anwendungen der statistischen Mechanik. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 25. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. VI, 116 S.

Das kleine Werk enthält eine sehr gute und vollständige Darstellung der Hauptlehren der statistischen Mechanik. Besonderes Gewicht hat der Verfasser auf Anschaulichkeit gelegt; daher werden auch die Sätze der statistischen Mechanik nicht nur allgemein entwickelt, sondern durch Anwendungen auf spezielle Fälle erläutert. Es werden so die Hauptergebnisse der kinetischen Gastheorie deduktiv aus den Sätzen der statistischen Mechanik gewonnen. Besonderes Interesse wird in dieser Hinsicht die elegante vom Verfasser herrührende Ableitung des Boltzmann-Maxwellschen Verteilungsgesetzes finden.

Auch die allgemeine Theorie der statistischen Mechanik ist vollständig behandelt sowie die Ableitung der Sätze der Thermodynamik aus ihr. So finden wir denn auch die wesentlichsten Untersuchungen von Gibbs in dem Buche wiedergegeben.

Das Werk ist also geeignet, dem Leser einen vollständigen Überblick über den heutigen Stand der statistischen Mechanik zu geben. P. Hertz, Göttingen.

Tropfke, J., Geschichte der Elementarmathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwörter. Vierter Band: Ebene Geometrie. Zweite, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger W. de Gruyter & Co., 1923. III, 238 S. und 25 Abbild. 16×24 cm. Preis Gz. geh. 7.50; geb. 9.10.

In dieser Zeitschrift (10, 45, 1922) hat Ref. sich ausführlich über die Anlage der Tropfkeschen Geschichte der Elementarmathematik ausgesprochen. — Der vierte Band enthält die „Ebene Geometrie“. Der erste Abschnitt, allgemeiner Teil genannt, gibt im ersten Kapitel einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Elementargeometrie, woran sich ein Kapitel über die Sprache der Geometrie, Figuren und ein weiteres über Definitionen, Axiome, Postulate und allgemeine Fachausdrücke anschließen. Der zweite Abschnitt, besonderer Teil überschrieben, behandelt in neun Kapiteln die ebene Geometrie von der geraden Linie bis zur Kreisberechnung. — Wer sich über die Geschichte der Theorie der Parallellinien, der

Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, des Problems der Quadratur des Kreises, um nur einige Fragestellungen der ebenen Geometrie hervorzuheben, möglichst *mühe*los und doch hinreichend *ausführlich* orientieren will, wird zu diesem Bande greifen müssen. Die geschichtlichen Betrachtungen zur Kreisberechnung (S. 195—238) beginnen beispielsweise mit dem Wert von π in dem unter dem Namen „Rechenbuch des Ahmes“ bekannt gewordenen Papyrus Rhind (2000 bis 1700 v. Chr.) und führen durch die Jahrhunderte hindurch bis zu den Arbeiten von *F. Lindemann*, *K. Weierstraß*, *D. Hilbert*, *A. Hurwitz*, *P. Gordan*.

Die Darstellung ist wie in den vorhergehenden Bänden musterergütig. *Friedrich Dreckhahn, Rostock.*

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 7. Mai sprach Professor *Graf von Tefcki* (Budapest) über **die ethnographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse Ungarns** auf Grund von Karten der ungarischen Friedensdelegation. In den Friedensverhandlungen, die den Weltkrieg zum Abschluß bringen sollten, spielte die geographische Verteilung der Nationalitäten sowie die wirtschaftliche Zusammengehörigkeit bestimmter Volksgruppen aus dem Grunde eine besonders wichtige Rolle, weil diesen beiden Gesichtspunkten für die Festsetzung der neuen Grenzen eine ausschlaggebende Bedeutung beigemessen wurde. Von feindlicher Seite wurden daher alle Hebel in Bewegung gesetzt, um durch falsche Darstellung ethnographischer Tatsachen und Verschweigen wirtschaftsgeographischer Wahrheiten ihrer Ansicht zum Siege zu verhelfen. So wurden z. B. relative Majoritäten als absolute, gemischt-sprachliche Gebiete als einsprachliche dargestellt, und auf Grund solchen einseitig beeinflussten Materials am grünen Tisch die neuen Grenzen in die Karten eingezeichnet.

Es ist klar, daß man bei der kartographischen Darstellung statistischen Materials sehr verschiedene Wege einschlagen kann. Bezeichnet man z. B. durch rote Farbe die einheimische Bevölkerung, durch blaue die fremdstämmige und koloriert die einzelnen politischen Bezirke je nach der Mehrheit, so wird ein kleiner Bezirk, in dem 95 000 Einheimische und 5000 Fremde wohnen, rot, ein benachbarter größerer, aber dünn besiedelter, der 10 000 Einheimische und 11 000 Fremde enthält, blau bezeichnet. Beim Betrachten der Karte erhält man also den Eindruck, als ob die im ganzen nur 16 000 Köpfe starke fremde Bevölkerung die in Wirklichkeit 105 000 zählende einheimische Bevölkerung überwiegt. Dabei kann man nicht einmal den Vorwurf erheben, daß die Darstellung fehlerhaft sei. Sie ist objektiv richtig, führt aber zu falschen Vorstellungen. Da nun die maßgebenden Persönlichkeiten auf der Friedenskonferenz keine Fachleute waren, auch wenig Lust und Zeit hatten, sich in die Methoden kartographischer Darstellung statistischen Materials zu vertiefen, so galt es, neue Maßstäbe zu ersinnen, die wissenschaftliche Genauigkeit mit klarer übersichtlicher Darstellung vereinigten, und welche zugleich den wirtschaftlichen Beziehungen Rechnung trugen. Bekanntlich waren alle diese Bemühungen vergeblich, denn die neuen Grenzen ignorieren die wirtschaftliche Einheit des ungarischen Beckens, nehmen keine Rücksicht auf die komplizierten wirtschaftlichen Zusammenhänge, durch welche die einzelnen Landschaften aufeinander angewiesen sind, und verlaufen meist willkürlich durch jene Zone größter Volksdichte, die das Übergangsgebiet zwischen den Wirtschaftsformen der Tieflandsbecken

zu jenen der Berglandschaften bildet, so daß natürliche Zusammenhänge gewaltsam zerrissen werden.

Um die geleistete Riesearbeit aber wenigstens der Wissenschaft zugänglich zu machen, hatte der Vortragende Dutzende von gedruckten vielfarbigen Karten und Kartogrammen, sowie unveröffentlichte handschriftliche Karten aushängt und aufgelegt, die er zur Erläuterung seiner ungemein anregenden und höchst beachtenswerten Ausführungen heranzog. Eine ethnographische Karte von Ungarn wurde in dem großen Maßstabe von 1 : 200 000 angefertigt, um eine bis ins kleinste gehende Genauigkeit erzielen zu können, jede Generalisierung überflüssig zu machen und alle subjektive Auffassung des Kartographen auszuschalten. Sie ist dann, nach Reduktion auf den Maßstab 1 : 300 000, vervielfältigt worden und stellt ein Quellenwerk ersten Ranges dar, das eine Fülle der wichtigsten Einzelheiten, namentlich siedlungskundlicher Art, in übersichtlicher Form darbietet. So tritt z. B. die Verschiebung der Siedlungen in den zur Turkenzeit verwüsteten und den von ihnen verschont gebliebenen Bezirken deutlich hervor. Die Einwohner fanden damals ihre Zuflucht auf den Gütern, die dem Sultan gehörten. Sie schufen sich in der Umgebung dieser Orte, die allmählich zu stattlichen Bauernstädten bis zu mehr als 100 000 Einwohnern anwuchsen. Sommer-sitze, kleine Wälder oder Meierhöfe, kehrten aber im Winter in die Stadt zurück. Erst nach und nach, mit dem Aufhören der Unsicherheit durch Räuberbanden, wurden diese Sommersitze zu ständigen Wohnplätzen. Gleich die Bauernställe das Aussehen von großen Dörfern haben, macht sich doch neuerdings eine Citybildung bemerkbar. Eine ältere Art der Siedlung findet sich im Brutt, der südlichsten Landschaft des eigentlichen Ungarn (südwestlich von Siebenbürgen), das erst im 18. Jahrhundert von den Türken geräumt und mit allen möglichen Nationen besiedelt wurde, so daß wir hier die bunteste Völkermischung in Europa, vielleicht auf der ganzen Erde vorfinden. Jedes Dorf aber wurde von dem Gutsbesitzer einheitlich mit denselben Volksgenossen besiedelt. In einem bestimmten Teile des Brutt weisen von 52 Orten heute noch nicht weniger als 303 eine Bevölkerung von einheitlicher Nationalität od. h. mit einer fremden Minderheit unter 20% auf. Interessant ist auch der Unterschied zwischen den zerstreuten Wohnplätzen der Rumänen und den großen, in der Mitte einer Beckenlandschaft liegenden Siedlungen der Szekler in Siebenbürgen. Die Ortschaft ist von Ackerland umgeben, dem sich in weiterem Umkreise konzentrisch eine Waldzone anschließt. Im Sachsenlande Siebenbürgens dagegen haben sich auf einer Seite der sächsischen Dörfer rumänische Dörfer

bauten entwickelt. Aus der Bauart der Häuser läßt sich ohne weiteres ersehen, ob das Haus einem Rumänen oder einem Sachsen gehört; sogar die Erwerbung eines sächsischen Hauses durch einen Rumänen wird durch Auskratzen des zwischen den beiden oberen Fenstern angemalten Weinstockes erkennbar. In der Tatra sind die oberen, dünn bevölkerten Teile der Täler von Slowaken, die unteren dagegen dicht von Ungarn bewohnt. Um den ersteren einen Zusammenhang mit ihren Volksgenossen in den Nachbartälern zu sichern, hat die neue Grenze die viel zahlreichere ungarische Bevölkerung in den unteren Talgebieten von Ungarn losgerissen.

Ein neues, von dem Vortragenden ersonnenes, aber nur für einheitliche Siedlungsgebiete geeignetes System für bevölkerungstatistische Karten verdient besondere

Erwähnung. Als Grundeinheiten dienen die Kreise. Jedes Quadratmillimeter, das mit Farbe angelegt und vom Mittelpunkt der Siedlungsdichte aus aufgetragen wird, bedeutet 100 Einwohner. Die einer solchen Darstellungsweise anhaftenden Nachteile werden durch den Vorteil der ziffernmäßigen Genauigkeit überwogen.

Als ein abschreckendes Beispiel zeigte der Vortragende zum Schluß ein bevölkerungstatistische Karte des Staates Wisconsin der nordamerikanischen Union, die nach den von der Friedenskonferenz aufgestellten Grundsätzen entworfen ist und infolgedessen zu ganz falschen Vorstellungen führt. Aus der Versammlung wurde der Wunsch nach Veröffentlichung dieser Karte laut, weil nichts besser geeignet sei, die Absurdität des Nationalitätenprinzips gerade den Amerikanern deutlich vor Augen zu führen. O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 10. April behandelte Herr Dr. Kölzer den **Einfluß von Temperatur und Wind auf die Schallausbreitung**.

Eingehend wurden die Ergebnisse von R. Emden besprochen, der nach Schaffung des Begriffes der „polytropen“ Atmosphäre die theoretischen Grundlagen der Schallausbreitung dargestellt und die große Bedeutung der Temperatur- und Windgradienten gezeigt hat. Anschließend wurden nach den Untersuchungen von H. Morf und Kammüller an der Hand von Konstruktionen der einzelnen Schallbahnen die Wirkung wechselnder Schichtung der Atmosphäre erörtert. Die Annahme, daß der Schall an der Wasserstoffosphäre reflektiert wird, ist nach W. Schmidt nicht haltbar. Zum Schluß stellte der Vortragende den Ergebnissen der theoretischen Überlegungen die in der Natur gelegentlich einiger Explosionen gemachten Beobachtungen gegenüber. Besonders wurde hingewiesen auf die Bearbeitung der Explosion von Rothenstein bei Königsberg i. Pr. am 29. 4. 20 und der Hörbarkeit des Geschützdonners am 10. 2. 1918 an der Westfront.

In der Sitzung vom 1. Mai sprach Herr Dr. Koppe über **Seespiegelschwankungen des Toten Meeres und das Klima Palästinas**.

Die kurzperiodischen Seespiegelschwankungen wurden frühzeitig z. B. an den Marken, die das am Ufer abgelagerte Treibholz bildete, erkannt. Aus den jährlichen Schwankungen ziehen die Eingeborenen auch gewissen Nutzen, indem sie im Frühjahr beim Hochstand des Seespiegels das Wasser in flachen Becken in der Nähe des Ufers auffangen und auf diese Weise bei der starken Verdunstung und einem Salzgehalt des Wassers von 24 bis 26 % leicht Salz gewinnen. Regelmäßige Messungen hat erst der englische Palestine Exploration Fund seit 1900 angestellt, indem er Marken an einem bestimmten Felsblock anbringen ließ. Der stärkste Anstieg im Frühjahr wurde zu 86 cm, der geringste Anstieg zu 21,5 cm bestimmt. Die größte Hebung von einem Jahr zum andern betrug 48,4 cm zwischen 1905 und 1906, der stärkste Fall erreichte 39,5 cm zwischen 1901 und 1902.

Um die Schwankungen vor 1900 zu verfolgen, bediente sich der Vortragende zahlreicher Angaben, die sich über eine am Nordufer des Sees gelegene Insel, genannt *Rujm el Bahr*, in den Reiseberichten vorfinden. *Rujm el Bahr* ist vielleicht eine alte Hafenanlage aus der Zeit, als das Tote Meer noch befahren wurde. So wissen wir z. B., daß zur Kreuzfahrzeit dort ein

regelmäßiger Schiffsverkehr stattgefunden hat. Diese Insel, die in der Neuzeit seit etwa 20 Jahren überspült ist und im April 1917 durch Auslutungen 3,25 m unter dem Meeresspiegel wiedergefunden wurde, wird von den Reisenden, die von Jerusalem kommend meist an dieser Stelle das Tote Meer zuerst berühren, bald als Insel, bald als Halbinsel beschrieben, woraus sich Rückschlüsse auf die Höhe des Seespiegels ziehen lassen. In gleichem Sinne wurden auch das zeitweilige Erscheinen eines Uferstreifens an dem Ostufer und auch die Angaben über die Tiefenverhältnisse an der schmalsten Stelle des Toten Meeres, da, wo die Halbinsel El-Lisan in den See vorspringt, verwertet. Diese Einschnürung ist zeitweise so seicht gewesen, daß der See durchwaten werden konnte.

Nach Reiseberichten läßt sich aus dem scheinbaren Auftauchen und Verschwinden der Insel feststellen, daß um 1860 ein kurzer, aber sehr deutlicher Anstieg des Wasserspiegels stattfand, dem bald wieder ein Absinken folgte. Der letzte Anstieg erfolgte in den Jahren 1887 bis 1895 und führte zum heutigen Wasserstand. Aus der erwähnten Furt an der südlichen Einschnürung, die seit 1830 nicht mehr benutzt wurde und im Sommer 1916 eine Wassertiefe von mindestens 10 m hatte, wird für die Jahre 1795—1805 ein Absinken des Wasserspiegels angenommen. Von den weiter zurückliegenden Angaben, die naturgemäß immer unsicherer werden, seien die Tiefstände um das Jahr 1725, wo Rujm el Bahr nach den Berichten am Ufer lag, und 1670 erwähnt, wo der südliche Teil des Sees als selbständiger kleiner See abgeschnürt gewesen sein soll. Diesen Tiefständen steht ein besonders hoher Wasserstand im 12. Jahrhundert gegenüber, der sogar den gegenwärtigen übertraf.

Die Wasserstandsschwankungen sind sicher als Folgeerscheinungen von Klimaschwankungen zu erklären. Die Schwankungen im Laufe des Jahres wurden mit den Schwankungen der Niederschläge nach der einzigen längeren Reihe von Jerusalem in Verbindung gebracht. Zu beachten ist dabei die Dreiteilung der Niederschläge in Frühregen, Hauptregen und Spätregen. Die Schwankungen des Seespiegels im Tiberiassee sind stärker als die des Toten Meeres. Die längeren Perioden glaubt der Vortragende mit den Niederschlagsschwankungen in den letzten 65 Jahren in Übereinstimmung zu sehen. Allerdings liegt der Anstieg des Seespiegels nach 1860 in einer niederschlagsarmen Zeit, weshalb er vermutlich nicht durch klimatische Ursachen bedingt ist. Die Vergleiche mit an-

deren Seen, z. B. dem Kaspischen und dem Aralsee, geben für den ersten keine, für den zweiten dagegen bessere Übereinstimmung. Die mehrfach für Palästina ange-

nommene Klimaänderung in dem Sinne der Austrocknung wird abgelehnt; es kann sich nur um Klimaschwankungen handeln. Kn.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Danziger Naturforschende Gesellschaft, eine der ältesten gelehrten Gesellschaften auf dem Gebiete der Naturwissenschaften, feierte kürzlich ihren 180. Geburtstag. Sie eröffnete dabei eine für die Geschichte der Naturwissenschaften sehr interessante Ausstellung in ihrem schönen alten Hause in der Frauengasse. Die Mitglieder der ehrwürdigen Gesellschaft kamen einst einmal in der Woche in einem Privathause zu Vorträgen und Experimenten zusammen, über die ein genaues Protokoll geführt und besondere Abhandlungen verfaßt wurden, und die zumeist die bedeutsamen Entdeckungen des 17. Jahrhunderts (durch *Galilei*, *Newton*, *Guericke* usw.) betrafen. Besonders gefördert wurde auch die *Astronomie*, die in Danzig schon vor der Gründung der Gesellschaft eine eigenartige Pflegestätte gefunden hatte. Der Danziger Bierbrauer und Ratsherr *Johann Hevelius* († 1687), der nicht nur ein bedeutender Astronom war, sondern sich auch alle Hilfsmittel selber schuf, ließ seine mustergültig typographisch ausgestatteten Bücher wie „*Machina coelestis*“ und seine „*Selenographia*“ in eigener Offizin herstellen, ja, er stach die Kupfertafeln mit eigener Hand. Diese sehr seltenen Bücher — der größte Teil der Auflagen wurde durch einen Brand leider vernichtet — sind in der Ausstellung zu finden und außerdem die von *Hevelius* selbst geschliffenen Linsen seines Riesenteleskops, das in der *Machina coelestis* abgebildet ist. Die merkwürdigste unter diesen Linsen, im Durchmesser 216 mm, sieht wie ein flaches Glas von 10 mm Dicke aus, ist aber eine Linse von etwa 32.4 m Brennweite, ein Meisterstück der Glasschleifekunst. Es ist schwer faßbar, wie *Hevelius* in einem Krümmungsradius von 32.4 m so präzise schleifen konnte.

Die Danziger astronomischen Traditionen wurden seit 1776 durch den Arzt *Nathanael von Wolff*, ein Mitglied der Gesellschaft, fortgesetzt, der mit großem Geldaufwand auf dem Festungsgelände des Bischofsberges eine Sternwarte baute und mit den erforderlichen Instrumenten ausstattete. Die Sternwarte wurde 1813 bei der Belagerung Danzigs durch die Franzosen aus militärischen Gründen niedergegrissen; die Instrumente wurden jedoch gerettet und sind Eigentum der Gesellschaft, und ebenfalls interessante Stücke der soeben eröffneten Ausstellung. (Besonders Sextanten und Quadranten.) Unter zahlreichen anderen Stücken der Ausstellung sind noch bemerkenswert ein Fernrohr aus *Fraunhofers* eigener Werkstatt, vorzügliche alte holländische Mikroskope, die die Entwicklung dieses Instruments von den primitiven Modellen bis in die letzten Jahrzehnte zu verfolgen gestatten, eine Kleistsche Flasche, den Urtyp der Leidener Flasche, und eine 1748 zum ersten Male in der Gesellschaft vorgeführte große Luftpumpe samt den tadellos erhaltenen Rezipienten.

Die Ausstellung hat dadurch ihren besonderen Wert, daß ihr noch zwei andere Teile angeschlossen sind, eine Ausstellung der zeitgenössischen wissenschaftlichen Werke, auf Grund deren jeweilig die Mitglieder der Gesellschaft ihre Versuche ausführten, und eine Ausstellung der „Laboratoriumsjournale“, in denen die sorgfältig und eingehend niedergelegten Versuchsergebnisse vereinigt sind, eine wahre Fundgrube für

historische Forschungen über die Entwicklung der Naturwissenschaften im 18. und 19. Jahrhundert.

Die Vergleichbarkeit des Alters bei Tieren. (*Samuel Brody* und *Arthur C. Ragsdale*, Journ. of gen. physiol. Bd. 5, Nr. 2, S. 205—214, 1922.) Wollte man bisher Lebensalter verschieden langlebiger Tierarten miteinander vergleichen, so ging man von der Lebensdauer beider Tierarten aus, die bei beiden gleich 1 gesetzt wurde. Dies Verfahren ist deshalb unbefriedigend, weil es fast unmöglich ist, die physiologische mittlere Lebensdauer einer Tierart einigermaßen genau festzustellen. Die neue Vergleichsmöglichkeit, die der Verf. kennen lehrt, stellt in dieser Hinsicht einen Fortschritt dar. — Faßt man beim Aufstellen von Wachstumskurven anstatt der absoluten Gewichte vielmehr die Gewichtszunahmen in der Zeiteinheit ins Auge, so ergeben sich bemerkenswerte Tatsachen, die an der Hand zahlreicher Gewichtszunahmekurven erläutert werden (weiße Ratte, weiße Maus, Mensch, Meerschweinchen, Huhn, Rindvieh, Schaf, Schwein, Kaninchen). — Das Wachstum erfolgt stets rhythmisch zu- und abnehmend, und zwar ließen sich bei allen untersuchten Warmblütern drei Perioden auffällig starken Wachstums unterscheiden, die als die infantile (1), die juvenile (2) und die adolescentile (3) bezeichnet werden. Ihre Maxima, d. h. die Zeitpunkte stärkster Gewichtszunahme, liegen für den Menschen im Säuglingsalter, bei etwa 9 und etwa 16 Jahren. Da die lateinischen Wörter *adolescens* und *juvenis* demnach von den Verff. in durchaus verkehrter und irreführender Weise angewandt sind, soll hier nur von der ersten, zweiten und dritten Wachstumsperiode die Rede sein. — Die erste Periode fällt beim Menschen, der Ratte, Maus und dem Kaninchen teilweise, bei den übrigen Tieren vollkommen in die Zeit des uterinen Lebens. Daher muß das Alter für Vergleichszwecke nicht von der Geburt, sondern von der Befruchtung an gerechnet werden. Die Form der Kurve ist natürlich je nach der Tierart recht verschieden, überall aber zeigt sie drei Gipfel, von deren Maximalpunkten sie nach beiden Seiten annähernd symmetrisch abfällt. So schlägt Verf. vor, die ersten Gipfelpunkte aller Tiere, ebenso die zweiten und die dritten aller Tiere untereinander gleichzusetzen, so daß bei Erreichung des ersten Gipfels die Maus (25 Tage von der Befruchtung, 6 Tage von der Geburt an gerechnet), die Ratte (Befruchtungsalter 30, Geburtsalter 8 Tage), der Mensch (etwa 15 bzw. 6 Monate) und der Uterusembryo des Meerschweinchens als physiologisch gleich alt gelten dürfen. Ebenso wären physiologisch gleichalterig (zweite Gipfel): die (stets Befruchtungsalter!) 46tägige weiße Ratte, die 40tägige weiße Maus, der 9jährige Mensch, die 13 Monate alte (4 Monate von der Geburt an) Kuh usw. — Nimmt man nun an, daß die Stoffwechselvorgänge auch nach Beendigung des Wachstums, d. h. nach Abklingen des ersten Gipfels, bei allen Tierarten im gleichen Rhythmus weiterlaufen, so wird sich der Zeitpunkt des unabwieslichen Alterstodes für jede Tierart im voraus berechnen lassen, wenn man für alle Tierarten die drei Gipfel, dazu für mindestens eine auch die absolute maximale Lebensdauer kennt. Ist diese das x-fache des Lebensalters bei Erreichung des dritten Gipfels, so wird man die maximalen Lebensalter der

übrigen Tierarten erhalten, indem man ihre Lebensalter bei Erreichung ihrer dritten Gipfel alle mit x multipliziert. *Donaldson-Robertson* und *Ray* geben die maximale Lebensdauer der Ratte und der Maus mit 3 bzw. 2,15 Jahren an, was etwa das 13fache ihres Alters zur Zeit des dritten Gipfels ist. Multipliziert man nun die entsprechenden (dritten Gipfel-) Alter der übrigen Tiere auch mit 13, so ergeben sich als Zeitpunkt des physiologischen Alterstodes die folgenden Alter: Haushuhn $5\frac{1}{2}$, Meerschweinchen 5, Milchkuh 29,5, Kaninchen $6\frac{1}{2}$, Schaf $16\frac{1}{2}$, Mensch 187 Jahre. — Wegen weiterer z. T. sehr beachtenswerter Einzelheiten sei auf das Original verwiesen. *Koehler, München.*

Die Mauereidechse (*Lacerta muralis*) als physiologisches Reagens auf Gifte. (*Séverin Icard*, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. Bd. 87, Nr. 28, S. 893 bis 895. 1922.) Bekanntlich lebt, d. h. bewegt sich, der abgetrennte Schwanz einer Eidechse noch eine ganze Weile fort, wenn er vom Körper des Tieres getrennt ist. Erst nach etwa 45 Minuten kommen seine spontanen Bewegungen zum Stillstand. Es läßt sich

zeigen, daß die Unabhängigkeit der Schwanzbewegungen auch am ganzen Tier vorhanden ist. Denn narkotisiert man eine Eidechse vollständig, so kann man durch den starken und in die Tiefe dringenden Reiz einer glühenden Nadel den Schwanz zu minutenlangen heftigen Bewegungen bringen, während das übrige Tier völlig bewegungslos bleibt. Die nach 2–3 Minuten aufhörenden Bewegungen können nach einer Pause von 3 bis 4 Minuten auf die gleiche Weise erneut erzeugt werden. Es handelt sich hierbei um eine Erregung der Muskeln des Schwanzes, die unabhängig von zentralen Apparaten ist. Daher bleibt die Erregbarkeit des Schwanzes nach jeder Art der Tötung des Tieres erhalten, vorausgesetzt, daß man nicht direkt muskellähmende Gifte verwendet. Sie ist also auch am kurarisierten Tier ungeschwächt. Dadurch wird die Eidechse zu einem sehr geeigneten Objekt, um Gifte darauf zu prüfen, ob sie direkt muskulär oder auf dem Wege nervöser Bahnen die Beweglichkeit beeinflussen. Die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen zeigen die gute Anwendbarkeit dieser Beobachtung. *Rieser, Greifswald.*

Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 1922.

9. November.

Transplantation entwickelter Extremitäten bei Amphibien, von *Paul Weiß*. An Larven von *Salamandra mac.* wurden die voll ausdifferenzierten und funktionsfähigen Extremitäten transplantiert. Die Transplantate heilen ein; nach einigen Wochen ist auch die Funktion der Transplantate wieder vollkommen hergestellt. Die Transplantate wachsen weiter und machen die Metamorphose durch.

Die Funktion transplanteder Amphibien-Extremitäten, von *Paul Weiß*. Ein an Stelle des Beines transplanteder Arm funktioniert bei der Bewegung ganz in der normalen Weise anstatt des Beines. Ein neben das gleichseitige Bein lagerichtig oder um die verschiedensten Winkel gegen die normale Lage verdreht transplanteder Arm macht immer dann und nur dann aktive Bewegungen, wenn das „Ortsbein“ solche ausführt. Die Bewegung des Implantates ist in allen Einzelheiten ein genaues Abbild der gleichzeitigen Bewegung des Ortsbeines, und zwar qualitativ und quantitativ.

Regeneration an transplantierten Extremitäten entwickelter Amphibien, von *Paul Weiß*. An transplantierten Extremitäten von Salamanderlarven wurden Amputationen ausgeführt. Die Transplantate sind normal regenerationsfähig. Es regeneriert dann vom Stumpf eines in die Schultergegend transplantierten Beines aus ein fünfzehiger Fuß, vom Stumpf eines in die Inguinalgegend transplantierten Armes aus eine vierfingerige Hand. Die ursprüngliche Qualität wird also durch den Standort nicht beeinflusst. Die Lage der regenerierten Extremität und ihre Größe entsprechen vollkommen der Lage der Größe vor der Amputation.

Abhängigkeit der Regeneration entwickelter Amphibienextremitäten vom Nervensystem, von *Paul Weiß*. Es zeigt sich, daß wohl die Anwesenheit intakter Nerven für die Regeneration notwendig ist, daß aber dazu ein Teil der normalen Nerven genügt und daß es weiter ganz gleichgültig für die Qualität des Regenerates ist, welches diese Nerven sind. Es hat sich aber auch ergeben, daß die Ausschaltung eines Teiles der Nerven eine Verlangsamung des Regenerationsablaufes zur Folge hat.

Winkelmessungen am Schmetterlingsflügel, von *Paul Weiß*. Es wurden die Winkel der Flügeladern bei *Vanessa Io* und *Aporia crataegi* vermessen und

manche Winkel recht konstant, andere wieder sehr variabel gefunden. Die zarten Adern, welche die „Zelle“ abschließen, bilden untereinander sehr einfache Winkel (60° , 90° , 120°), wie sie sonst bei Oberflächenspannungsfiguren vorkommen.

Funktionelle Regeneration des Rückenmarkes bei Anamniern, von *Theodor Koppányi* und *Paul Weiß*. Es wurde eine hohe Rückenmarksdurchtrennung an *Carassius vulgaris* Nilss. und an larvalen Individuen des Bergmolches (*Triton alpestris* Laur.) vorgenommen. Nach einigen Wochen trat eine vollkommene Wiederherstellung der koordinierten Bewegung auf.

Gehirnexstirpationsversuche an arterwachsenen Amphibien, von *Theodor Koppányi*. Die histologisch fixierten Tiere zeigten eine völlige Wiederherstellung der nervösen Bahnen. Es ließ sich mit Sicherheit feststellen, daß an den untersuchten Tieren eine funktionelle Wiederherstellung des Rückenmarks eingetreten war.

Ziemlich alten, arterwachsenen Kammolchen wurde das gesamte Gehirn bis zum *Calamus scriptorius* in der Medulla entfernt. Nach einer Woche bewegten sich die Tiere ganz normal, ja sie bewegten sich fast ununterbrochen. Ein solcher Kammolch wurde getötet und histologisch untersucht. Der Kopf wurde in lückenlose Serien zerlegt und es zeigte sich, daß vom Gehirn inklusive *Calamus scriptorius* nichts mehr vorhanden war.

Experimentelle Erzeugung von Pigmentierung und Zeichnung der Flügeldecken am Rückenschwimmer (*Notonecta glauca*), von *Walter Finkler*. Es wurden Imagines von *Notonecta glauca*, die entweder gar nicht oder nur schwach pigmentierte Flügeldecken hat, ausschließlich von unten beleuchtet, indem der Lichtzutritt durch einen auf den Behälter passenden Sturz verhindert wurde. Nur von unten trat das durch einen Spiegel reflektierte Licht in die Wanne ein. Nach zwei Monaten hatten fast alle Versuchstiere deutlich pigmentierte Flügeldecken, während die unter normalen Beleuchtungsverhältnissen gehaltenen Kontrolltiere unverändert blieben.

Die Bedingungen für Fühlerfüße bei *Dixippus* (*Carausius*) *morosus* Br. et Redt. (Homoeosis bei Arthropoden, VII. Mitteilung), von *Leonore Brecher*. Wurde bei eben aus dem Ei geschlüpften Larven von *Dixippus* der eine (rechte) Fühler distal vom Schaft, also in einem Geißelglied amputiert, so regenerierte stets eine typische Geißel. Nach Amputation im

Schaffe regenerierte an Stelle des Fühlers ein Gebilde mit deutlichen Beincharakteren. Diese Versuche zeigen in bezug auf die Ausbildung des Fühlerregenerates als Bein oder als Fühler enge Korrelation zur Schnittstelle. Die an derselben Art und an verschiedenen anderen von mehreren Forschern erhaltenen übereinstimmenden Resultate sprechen gegen die Annahme *Cuénots*, es könnte die homöotische Regeneration nur bestimmten Mutationen zukommen.

30. November.

Das k. M. Prof. Franz Werner überreichte eine vorläufige Mitteilung: **Neue Reptilien aus Süd-China**, gesammelt von Dr. H. Handel-Mazzetti.

Erhöhung der Körpertemperatur junger Wanderratten (*Mus decumanus*) über den Normalwert und ihr Einfluß auf die Schwanzlänge (Die Umwelt des Keimplasmas. X), von *Hans Przibram* und *Bertold P. Wiesner*. Vierwöchige albinotische Wanderratten *Mus decumanus* erhielten in den nächsten 10 Lebenstagen eine relative Schwanzverlängerung, wenn ihre Körpertemperatur über den für die Zimmertemperatur normalen Wert gesteigert worden war. Diese Steigerung trat nach plötzlicher Versetzung der Eltern aus der Kälte des Kellers in die Temperatur des geheizten Laboratoriums auf, wo die Jungen gut wuchsen und gediehen. Sie kann demnach nicht durch die geringere Nahrungsaufnahme in der Wärme begründet werden. Da die Erniedrigung der Körpertemperatur junger Wanderratten durch chemische Mittel und ihr verkürzender Einfluß auf die Schwanzlänge von *Bierens de Haan* und *Przibram* bereits in einer früheren Mitteilung (Die Umwelt IX) beschrieben worden ist, so ist nun der Nachweis vollständig, daß die Schwanzlänge sowohl in bezug auf ihre Verlängerung wie auf ihre Verkürzung von der Körperwärme abhängt.

Direkte Temperaturabhängigkeit der Schwanzlänge bei Ratten (*Mus decumanus* und *M. rattus*) (Die Umwelt des Keimplasmas. XI), von *Hans Przibram*. Werden Hausratten (*Mus rattus*) oder Wanderratten (*M. decumanus*) bei konstanten Temperaturen aufgezogen, so zeigen dieselben unter sonst gleichen Bedingungen bei den verschiedenen äußeren Wärmegraden auch nach Erlangung der Geschlechtsreife verschiedene relative Schwanzlänge. Zwischen $+5^{\circ}$ und $+40^{\circ}$ C ist bei den jungen albinotischen Wanderratten der Unterschied der relativen Schwanzlängen (Körper : Schwanz) für je 5 Celsiusgrade 0,035. Diese relative Zahl ist die gleiche für das Alter von 2 Wochen wie für jenes zwischen 7 und 8 Wochen. Die Luftfeuchtigkeit hat in den Versuchen mit Ratten keine ausschlaggebende Rolle für die Schwanzlänge gespielt, außer wenn bei niedriger Außentemperatur hohe Luftfeuchtigkeit eine raschere Abgabe der Körperwärme mit sich bringen mußte.

Die Schwanzlänge bei Ratten (*Mus decumanus* und *M. rattus*) als fakultatives Geschlechtsmerkmal (Die Umwelt des Keimplasmas. XII), von *Hans Przibram*. Bei albinotischen Wanderratten ist die relative Schwanzlänge in gleichem Alter beim Weibchen größer als beim Männchen. Das gilt für jedes Alter und jede Umwelttemperatur, doch wird die Differenz geringer bei steigender Außenwärme. Diese Verschiedenheit der relativen Schwanzlänge stellt sich also als ein durch die Temperatur modifizierbares tertiäres Geschlechtsmerkmal dar. Da zufolge früheren Mitteilungen (*Przibram* 1915; *Bierens* 1920) die Körperwärme der jungen weiblichen Ratten durchschnittlich höher ist als jene der männlichen, aber weniger bei höheren Außentemperaturen, so ist die größere Schwanzlänge des Weibchens ungezwungen mit seiner höheren Innentemperatur in Zusammenhang zu bringen. Bei der wilden schwarzen Hausratte (*Mus rattus*) ist auch entsprechend der höheren Körpertemperatur des Weibchens eine größere Schwanzlänge bei diesem Geschlechte zu konstatieren. Hingegen ist bei der wilden agutifarbenen Wanderratte nicht in allen Temperaturen eine Ver-

schiedenheit der Geschlechter in bezug auf relative Schwanzlänge zu beobachten gewesen. Es liegt nahe anzunehmen, daß bei den wildfarbigen Wanderratten in gewissen Außentemperaturen die Geschlechter sich nicht mehr durch die Körpertemperatur unterscheiden, und daß darum die Schwanzlängen bei Männchen und Weibchen gleich werden.

Die Schwanzlänge der Nachkommen temperaturmodifizierter Ratten (*Mus decumanus* und *Mus rattus*) (Die Umwelt des Keimplasmas. XIII), von *Hans Przibram*. Mehrere Generationen lang in konstanten Temperaturen gezogene Ratten zeigen bei demselben Wärmegrad ganz bestimmte Werte des Verhältnisses zwischen Körper- und Schwanzlänge. Werden hingegen Ratten bei der Geburt in eine um 10° C abweichende konstante Außentemperatur versetzt, so tritt bei ihnen eine Urtüerung der Schwanzlänge gegenüber jenen Ratten auf, die in dieser zweiten Temperatur mehrere Generationen lang sich aufgehoben hatten: bei Versetzung in höhere Temperatur werden also die Schwänze noch länger, bei Versetzung in niedrigere noch kürzer, als den Normalwerten für diesen Wärmegrad entsprechen würde („Transgression“). An den Nachkommen der rückversetzten Ratten tritt bei Belassung in der Rückversetzungstemperatur sowohl in den aufeinanderfolgenden Würfen derselben Generation als auch im Mittel aus denen aufeinanderfolgender Generationen eine allmähliche Annäherung des für die Rückversetzungstemperatur gültigen Normalwertes ein („Regression“). Wenn die Ratten zu kurz in der Versetzungstemperatur geblieben waren oder diese bloß wenige Grade von der Mitteltemperatur ablag, so trat an Stelle der „Transgression“ bei Rückversetzung teilweise Beibehalten der in der Versetzung erworbenen Schwanzlänge ein. Da in den vorangegangenen Mitteilungen (Umwelt IX–XII) die direkte Abhängigkeit der relativen Schwanzlänge von der während des Wachstums herrschenden Körpertemperatur bewiesen worden ist, so lassen sich die geschilderten Verhältnisse bloß auf eine Verschiedenheit der „Temperaturstimmung“ der Ratten beziehen. Die Übertragung der „Wärmestimmung“ auf die Nachkommen stellt eine Nachwirkung der vorangegangenen Temperatur auf den allgemeinen Stoffwechsel dar, denn die Nerven sind ja in den Keimen anfänglich nicht vorhanden und die Funktion der Wärmeregulation ist noch zwei Wochen nach der Geburt sehr unvollkommen.

Das Anwachsen der relativen Schwanzlänge und dessen Temperaturquotient bei den Ratten (*Mus decumanus* und *M. rattus*) (Die Umwelt des Keimplasmas. XIV), von *Hans Przibram*. Die relative Schwanzlänge nimmt von der Geburt der Ratten (und der Hausmaus) an während des Körperwachstumes in großen ganzen zu. Nehmen wir solche Perioden des Wachstums, in welchen eine regelmäßige Zunahme der relativen Schwanzlänge stattfindet, so können wir ein Maß der Geschwindigkeit bekommen, mit der das Schwanzwachstum vorschreitet, wenn wir die relative Schwanzlänge ($S : K$) oder deren reziproken Wert ($K : S$) an ein und demselben Lebenstage verschiedener Ratten messen. Wurden Ratten, die in verschiedenen konstanten Temperaturen bereits in zweiter Generation aufgezogen worden waren, mit 14 Tagen oder in der neunten Lebenswoche in bezug auf relative Schwanzlänge verglichen, so zeigte sich die Geschwindigkeit des Schwanzwachstums in Übereinstimmung mit dem Reaktionsgeschwindigkeitstemporgesetz (*RGT-Regel*) *Kanitz*; *van't Hoff's* Temperaturregel, wenn nicht die Außentemperatur, sondern die Werte der Körperwärme (siehe Umwelt VI) in die Formel eingesetzt werden. Die gleiche Gesetzmäßigkeit erhält man durch Vergleich der verschiedenen Schwanzlängen bei den Geschlechtern mit ihren verschiedenen Körperwärmen (siehe Umwelt XII) in ein und derselben Außentemperatur.

Nachwirkung von Lichtmodifikationen in Finsternis (Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* IX und die Puppenfärbungen der *Vanessiden*

III). von *Leonore Brecher*. Die aus weißinduzierten Puppen von *Pieris brassicae* stammenden Nachkommen gaben bei Verpuppung in Finsternis eine Reduktion der Anzahl grüner Puppen im Vergleich zu den Nachkommen der gelbinduzierten grünen Puppen sowie zu den aus Raupen unbestimmter Abstammung entstehenden Puppen. Die in vollkommenem Finsternis gebrauchten verpuppungsreifen Nachkommen gelbinduzierter grüner Puppen von *Vanessa Io* ergaben eine Verminderung der Anzahl grüner Puppen im Vergleich zu den aus Raupen unbestimmter Abstammung in Finsternis entstandenen Puppen.

Die Funktionsfähigkeit autophor transplanterter Ovarien bei Ratten (*Epimys norvegicus*), von *Bertold P. Wiesner*. Bei der Wanderratte (*Epimys norvegicus*) wurden Ovarien in den Uterus verpflanzt. Wenn bei der homoplastischen Transplantation die eigenen Ovarien entfernt worden waren, so wurde Nachkommenchaft erzielt. Ein Einfluß der „Tragamme“ war nicht zu erkennen. Da eine weiße Tragamme mit einem weißen Bock gepaart auch dunkle Junge gebar, was bekanntlich bei der Paarung der stets rezessiven albinotischen Ratten nie stattfinden könnte, so ist es sicher, daß die Nachkommen nicht etwa aus unabsichtlich zurückgebliebenen Resten eines Ovars der Tragamme stammen.

Unabhängigkeit der Extremitätenregeneration vom Skelett (bei *Triton cristatus*), von *Paul Weiß*. Die Ausbildung des Skeletts im Regenerat und seine Qualität ist unabhängig nicht nur von der Art der in der Schnittfläche vorhandenen alten Skeletteile, sondern überhaupt von der Anwesenheit von alten Skelettelementen im Amputationsstumpf. Ein Amputationsstumpf einer Extremität, aus dem alle Skeletteile entfernt werden sind, ist wohl imstande, den amputierten Teil von der Schnittfläche an distalwärts vollständig zu ersetzen, und dieses Regenerat enthält dann auch alle dem entfernten und neugebildeten Extremitätenabschnitt zukommenden Skeletteile; derselbe Amputationsstumpf ist aber nicht imstande, seine eigenen entfernten Knochen zu ersetzen.

Herztransplantation an verwandelten Amphibien, von *Paul Weiß*. Es wurde von einem Tier das Herz samt den angrenzenden Teilen der Gefäßstämme und samt den Sinus venosus in die Bauchhöhle eines anderen Tieres transplantiert, ohne jedoch einen Anschluß an den Hauptkreislauf herzustellen. Die eingeheilten Herzen schlagen deutlich und kräftig, der Umfang der Kontraktionen schwankt. Ein operiertes Exemplar von Bombinator habe ich drei Monate nach der Operation eröffnet und physiologische Vorversuche angestellt. Es zeigte sich, daß das transplantierte Herz einen anderen Durchschnittsrhythmus besaß als das normale Herz.

14. Dezember.

Das k. M. Prof. *Stefan Meyer* übersendet eine Abhandlung, betitelt: Über die von der γ -Strahlung des Radiums ausgelöste sekundäre Elektronenstrahlung, von *Alfons Enderle*.

1. Es wird die durch γ -Strahlen ausgelöste Sekundärstrahlung von atomschweren Elementen untersucht. Die verschieden harten γ -Komponenten lösen je eine Type von Sekundär-Elektronen aus, deren Anfangsgeschwindigkeit von der Wellenlänge der γ -Strahlen abhängt. Jeder Sekundärstrahlungstypus kommt ein bestimmter Asymmetriekoeffizient zu (Verhältnis der Austritts- zur Eintrittsstrahlung), und zwar der härteren Type der größere.

2. Die Anomalie des Bleies (Umkehrung der Asymmetrie gegenüber der der anderen Elemente) wird als Absorptionseffekt erwiesen, der bei Elementen mit hohem Atomgewicht allgemein auftritt und bei Pb von etwa 0,5 mm Plattenstärke an zum Herabsinken des gemessenen (scheinbaren) Asymmetriekoeffizienten unter 1 führt.

3. Aus den Reichweiten der Ein- und Austrittsstrahlung werden die Absorptionskoeffizienten der von den beiden Hauptkomponenten der γ -Strahlung erregten Elektronentypen berechnet und gezeigt, daß die Funktion $\mu/\rho = f(A)$ (Absorptionskoeffizient : Dichte Funktion des Atomgewichtes) ähnlich wie bei den β -Strahlen des UX auch für diese Sekundärstrahlung im allgemeinen ansteigt.

4. Es werden die wahren Asymmetriekoeffizienten für Pb, Au, Ag, Ni, Fe berechnet und gezeigt, wie dieselben, als Funktion des Atomgewichtes dargestellt, mit zunehmendem Atomgewicht gegen 1 konvergieren.

Das w. M. J. M. *Eder* legt folgende Arbeiten von *Ludwig Moser* und *Ernst Irányi* in Wien vor:

Über die Anwendung der Hydrolyse zur Trennung von Titan, Eisen und Aluminium. Unter Berücksichtigung, daß die Hydrate des Titans (4), Aluminiums und Eisens (3) typische Kolloide sind, wurde eine Trennung des ersten von Aluminium nach dem Prinzip der fraktionierten Hydrolyse durchgeführt, wobei als Neutralisationsmittel von dem System $HCl-HBrO_3$ Gebrauch gemacht wurde, das zu einer bestimmten Endazidität führt, bei der nur das Titan(4)hydrat in dichter, gut filtrierbarer Form ausfällt. Dagegen ist auf diesem Wege eine Titan(4)eisentrennung undurchführbar.

Die Trennung des Titans vom Eisen und Aluminium mit Sulfosalizylsäure. Es wurde gezeigt, daß man bei Anwendung von Sulfosalizylsäure C_6H_3OH (1), $COOH$ (2), SO_3H (5), das Eisen (3) aus schwach ammoniakalischer Lösung durch Schwefelwasserstoff quantitativ fällen kann, während Titan (4) und Aluminium in Lösung bleiben: Titan wird im Filtrate durch Kochen der stark ammoniakalischen Lösung abgeschieden und schließlich das Aluminium nach Sublimation der Sulfosalizylsäure zuletzt, nach einer der bekannten Methoden bestimmt.

Prof. Dr. *Robert Sterneck* aus Graz überreicht eine Abhandlung mit dem Titel: Harmonische Analyse und Theorie der Mittelmeergezeiten. I. Mitteilung. Während man bisher die harmonischen Konstanten im Gebiete des Mittelmeeres (von der Adria abgesehen) bloß für Toulon, Marseille und Malta kannte, ist es dem Verfasser durch das weitgehende Entgegenkommen, mit welchem ihm in Italien, Spanien, Ägypten und Tunesien das mareographische Beobachtungsmaterial zur Verfügung gestellt wurde, möglich geworden, die harmonische Analyse der Gezeitenkurven für 13 weitere Stationen an den Küsten des Mittelmeeres sowie für Cádiz durchzuführen.

Versuche zur Biologie des Rippenmolches (*Pleurodeles Waltli Michah.*), von *Theodor Koppányi*. Der Rippenmolch erscheint uns demnach als ein archaischer Molchtypus, bei dem die Scarszeichen nach ein Merkmal darstellen. — *Pleurodeles* hat ferner, wie die meisten Anuren, eine Brustschwiele und eine Umklammerung im Wasser. Es wurden die Hoden zweier kammtragenden Molcharten (*Triton cristatus* Laur. und *Triton marmoratus* Schinz.) und des Rippenmolches ausgetauscht. Es zeigte sich das Resultat, daß die transplantierten Hoden — ihre typische Zellstruktur beibehaltend — einheilen. Die anatomische, histologische und physiologische Untersuchung ergab übereinstimmend, daß es sich in unseren Versuchen um eine vollständige funktionelle Hodentransplantation handelt. Die Rippen üben auf die Haut einen ziemlich starken mechanischen Druck aus. Zugleich kann man an allen jenen Stellen, wo die Rippen mit der Haut korrespondieren, schmutziggelbe Flecken wahrnehmen. Die gelben Flecken färbten sich auch nach der Wegnahme der Rippen, also nach dem Aufhören des mechanischen Druckes. Ein kausaler Zusammenhang zwischen gelbem Pigment und mechanischem Druck besteht also gegenwärtig nicht.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 25. (Seite 485—508.)

22. Juni 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Verwendung von organisiertem „Totem“ im Aufbau des lebendigen Organismus und ihre theoretische und tatsächliche Basis. Von *Franz Weidenreich*, Heidelberg. S. 485.

Reizgröße und Reizreaktion im Pflanzenreich. Von *Felix Rawitscher*, Freiburg i. Br. (Mit 3 Abbildungen.) S. 491.

Besprechungen:

Younghusband, Francis, Das Herz der Natur. Von *O. Baschin*, Berlin. S. 497.

Behrmann, W., Im Stromgebiet des Sepik. Eine deutsche Forschungsreise in Neuguinea. Von *B. Brandt*, Berlin. S. 498.

Stechow, E., Beiträge zur Natur- und Kulturgeschichte Littauens und angrenzender Gebiete. Von *Fritz Braun*, Danzig-Langfuhr. S. 498.

Jessen, Otto, Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit. Von *Bruno Schulz*, Hamburg. S. 499.

Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 3. Auflage. Von *Bruno Schulz*, Hamburg. S. 499.

Kleine Werke über Vermessung und Kartenkunde. Von *O. Baschin*, Berlin. S. 499.

Roth, W. H., und K. Scheel, Konstanten der Atomphysik. Von *M. v. Laue*, Berlin-Zehlendorf. S. 500.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Seriendarstellung des Gold-Bogenspektrums. Von *V. Thorsen*, Kopenhagen. S. 500.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 502—505. Ranunkelöl und Anemonin. Neue Anschauungen über die wirksamen Kräfte bei gebirgsbildenden Vorgängen. Die Photometrie von optischen Instrumenten. (Mit 2 Abbildungen.)

Astronomische Mitteilungen. S. 505—508.

Spektroskopische Parallaxen der Sterne vom Spektraltypus A. Die Geschwindigkeitsverteilung bei den Sternen der Spektraltypen F bis M. (Mit 2 Abbildungen.) Das Leuchten der Milchstraßennebel. Entfernung des Spiralnebels M 33. Innere Bewegung in Spiralnebeln. Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhaufen. Zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse. Kugelförmige Sternhaufen mit langperiodischen Veränderlichen.

Berichtigung. S. 508.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Praktikum der Gewebepflege oder Explantation besonders der Gewebezüchtung

Von

Dr. phil. **Rhoda Erdmann**

Privatdozent der philosophischen Fakultät an der Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin.

Mit 101 Textabbildungen. (VIII, 117 S.) 1922.

GZ. 45.

Die Grundzahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 4800.— M. für Juni 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheckkonten $\left\{ \begin{array}{l} \text{für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,} \\ \text{für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius} \\ \text{Springer.} \end{array} \right.$

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Seriengesetze der Linienspektren

Gesammelt von **F. Paschen** und **R. Götze**

(IV, 154 Seiten, Format 16×24 cm)

Gebunden GZ. 11

Die in letzter Zeit gesteigerte und schon lange nicht mehr zu befriedigende Nachfrage nach der Dissertation von B. Dunz, Tübingen 1911, hat den Verfasser veranlaßt, die Seriensammlung von Dunz zu vervollständigen und umzuarbeiten. An der Zusammenstellung ist außer F. Frommel (Tübinger handschriftliche Dissertation 1921) besonders R. Götze beteiligt. Die Vervollständigung bezieht sich hauptsächlich auf die seit 1911 bekanntgewordenen Gesetzmäßigkeiten, die Umarbeitung auf eine bessere Anpassung an heutige theoretische Gesichtspunkte. Das Beobachtungsmaterial ist meistens noch das frühere (Wellenlängen nach Rowlands Einheiten). Den Tabellen geht eine Einleitung voran, die einiges aus der praktischen Serienforschung zusammenstellt, das, was dem Verfasser als ihre elementarste Grundlage erscheint.

Inhaltsverzeichnis. Einleitung (Paschen): I. Allgemeine Serienanordnung. II. Differenzierung der Terme. III. Wie findet man eine Serie und ihre Grenze? IV. Die Quantenbeziehungen der Spektralgesetze. — **Die Serienspektren:** Serienformel des Wasserstoffes und des ionisierten Heliums / Wasserstoff / Helium, Funkenspektrum / Helium, Bogenspektrum / Neon / Argon / Lithium / Natrium / Kalium / Rubidium / Caesium / Kupfer / Silber / Beryllium / Kalzium / Strontium / Barium / Radium / Magnesium / Zink / Cadmium / Quecksilber / Kohlenstoff, Bor. / Aluminium / Skandium / Yttrium / Lanthan / Neoytterbium / Gallium / Indium / Thallium / Silizium / Sauerstoff / Schwefel / Selen / Mangan / Zusammenstellung der s-Terme der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $ms-(m+1)s$ der Bogenspektren / Tabelle der Terme mp der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $mp-(m+1)p$ der Bogenspektren / Tabelle der Terme md der Bogenspektren / Tabelle der Differenz. $md-(m+1)d$ der Bogenspektren / Werte $109\,737,1/(m+a)^2$ und der Differenzen / Tabelle der Terme mf der Bogenspektren / Die experimentell festgelegten Zeemantypen der Serienlinien.

Die Grandszahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Verwendung von organisiertem „Totem“ im Aufbau des lebendigen Organismus und ihre theoretische und tatsächliche Basis.

Von Franz Weidenreich, Heidelberg.

Unter dem vielversprechenden Titel: „L'organisation de la matière dans ses rapports avec la vie“ hat der Pariser Histologe Nageotte¹⁾ vor kurzem ein Buch erscheinen lassen, das nicht wegen seiner die Etikette bestimmenden Allgemeinheiten über den Begriff der lebenden Materie — denn wesentlich neue Gedanken über dieses Thema sind darin kaum zu finden — besonderes Interesse erweckt, sondern weil hier der Versuch gemacht wird, die Richtigkeit rein theoretisch histologischer Überlegungen durch Experimente, die in das Gebiet der Chirurgie fallen und damit besondere praktische Bedeutung haben, zu erweisen.

Nageotte geht bei seinen Überlegungen von den Interzellulärsubstanzen aus, und zwar von deren wesentlichstem Strukturelement, der Bindegewebsfaser, und der Art ihrer Entstehung. Seiner Meinung nach ist entgegen der herrschenden Ansicht diese Faser nicht das Produkt irgend-einer direkten Umformung peripherer Protoplasten der lebenden Zelle, sondern entsteht zunächst interzellulär, d. h. innerhalb der Gewebsflüssigkeit durch einen Gerinnungsprozeß als Fibrin. Dieses Fibrin wandelte sich dann seinerseits in die kollagene Faser um. Zellen beteiligten sich bei diesen Vorgängen nur insofern, als sie ein Ferment absonderten, das die Fibrinbildung und den „Metamorphismus“, wie Nageotte im Gegensatz zu anderen, unter Miteinbeziehung von Zellen selbst zustande kommenden „metaplastischen“ Vorgängen diese Umsetzung bezeichnet, auslöse. Da nun das Fibrin, das so einen präkollagenen Charakter gewänne, „nichtlebend“ sei, könne auch die kollagene Faser als histologischer Ausdruck jenes Metamorphismus nicht als „lebend“ bezeichnet werden. Indem der Organismus sie gleichwohl als Bauelement im weitesten Ausmaß benütze, verwende er in gewissem Sinne „totes“ Material. Ist dem aber so, dann macht es auch keinen Unterschied, wenn zu Heilungszwecken als Defektausgleich direkt totes, d. h. abgestorbenes Material dem lebenden Körper einverleibt wird. Daher empfiehlt Nageotte in solchen Fällen tote Sehnen, toten Knorpel oder Knochen, tote Blutgefäße, tote Nerven zu transplantieren. Bis zu einem gewissen Grade lasse sich dabei auch unbedenklich heteroplastisches Gewebe verwenden. Da Material, das seiner Natur nach überhaupt

nicht lebe, auch nicht absterben könne, so ver-schlägt es dieser Auffassung nach nichts, wenn die zur Transplantation verwendeten Gewebsstücke nach ihrer Entnahme aus dem Körper auch längere Zeit in Formalin oder Alkohol aufbewahrt waren. Zwar sollen die Zellen des Transplantats in jedem Falle zugrunde gehen. Allein der Wirt biete sofort Ersatz, indem Fibroblasten in das Gewebe einwanderten und es „wiederbevölkerten“. Die neuen Zellankömmlinge sollen sich dabei den orts- oder wirt-fremden faserigen Elementen gegenüber genau so verhalten, wie wenn diese im Organismus selbst unter natürlichen Bedingungen gebildet worden wären. Nageotte berichtet über zahlreiche Versuche, in denen ihm solche Übertragungen glückten und bei denen nicht nur funktionell eine vollständige Restitution erreicht worden sei, sondern auch die nachträgliche mikroskopische Untersuchung — z. B. bei Sehnen- und Gefäßtransplantationen — eine so totale Verwischung der Gewebsgrenzen ergeben hätte, daß nicht einmal die Verletzungsstelle mehr nachweisbar geblieben wäre.

So originell auch die Ideen Nageottes im ersten Augenblick anmuten, so sind sie doch weder in ihren theoretischen Voraussetzungen noch in dem Versuch ihrer praktischen Auswertung wirklich neu. Sowohl die Vorstellung der Entstehung der Bindegewebsfaser unabhängig von den Zellen, wie auch die Leugnung ihrer Teilnahme an den Vorgängen des Lebensprozesses sind Gedanken, die schon vor vielen Dezennien von Henle²⁾ und Virchow³⁾ ausgesprochen wurden. Henle ließ die Bindegewebsbündel aus einer glasigen Grundsubstanz, dem „Cytoblastem“, durch Zerklüftung hervorgehen, wobei die Zellen, d. h. eigentlich die in diese Masse eingelagerten Kerne sich passiv verhalten sollten. Virchow, der Begründer der Zellulärpathologie, verlegte den Sitz aller Lebensvorgänge ausschließlich in die Zelle. Das Kriterium des Lebens sah er nur in der den Interzellulärsubstanzen abgehenden Erregbarkeit, d. h. in der Eigenschaft auf äußere Einwirkungen hin in Tätigkeit zu geraten. Da das Leben kurzweg Zell-tätigkeit sei, so könne es auch kein extrazelluläres Leben geben. Daher seien auch die Interzellulärsubstanzen nicht lebendig: sie seien

²⁾ Henle, J., Allgemeine Anatomie, 1841.

¹⁾ Nageotte, J., L'organisation de la matière dans ses rapports avec la vie. Paris 1922.

³⁾ Virchow, R., Die Cellularpathologie usw., 1. Aufl., 1858; dasselbe, 4. Aufl., 1871. — Zum neuen Jahrhundert, Virch. Arch. 159, 1, 1900.

aber auch nicht als tot zu bezeichnen. „Denn tot kann nur etwas sein, was vorher lebendig war, und die Interzellulärsubstanz war dies niemals.“ Der letztere Gedanke kehrt fast wörtlich bei *Nageotte* wieder.

Die Frage nach der Entstehung und der Natur der Interzellulärsubstanzen, die so von Anfang an aufs engste mit der Zellenstaatslehre verknüpft war, hängt in ihrer Beantwortung durchaus von dem Standpunkt ab, den man zu dieser Lehre einnimmt. Aber es ist interessant, zu sehen, daß man selbst beim Abrücken von diesen Vorstellungen zu ganz entgegengesetzten Schlußfolgerungen gelangen kann. Trotzdem *Nageotte* die Bildung jener Substanzen in die nicht lebend gedachte Gewebsflüssigkeit verlegt und sie darum als nicht lebend betrachtet, stimmt er gleichwohl mit *Virchow* überein, der allein die Zelle als Bildungsstätte anerkennt und gerade deswegen ihrem Produkt das Prädikat lebendig absprechen möchte. Im Gegensatz hierzu sieht *M. Heidenhain*⁴⁾, der die Zellenstaat-Theorie im Virchowschen Sinne verwirft, in den Zellen im wesentlichen nur trophische Einheiten, aber keineswegs die ausschließlichen Träger der Lebensprozesse. Denn diese sind nach ihm an kleinste molekulare Verbände, die Protomeren, gebunden, die nicht nur das eigentliche Protoplasma, sondern auch deren Bildungsprodukt, die „metaplastischen“ Strukturmassen, d. h. die Interzellulärsubstanzen, zusammensetzen. Aus lebender Materie aufgebaut, lebten diese daher „schlechthin wie die Zelle selbst“. Irgendwie „erborgtes“ Leben gäbe es nicht. Diese Annahme hat zur Voraussetzung, daß charakteristische Lebensäußerungen auch an den Metaplasmen festzustellen sind. *Heidenhain* glaubt, diesen Beweis erbringen zu können. Schon früher hatte *v. Ebner*⁵⁾ gezeigt, daß in der aus Fasern bestehenden, zellenlosen Chordascheide niederer Tiere besondere schichtweise Differenzierungen auftreten, die bei fortschreitendem Wachstum in gleicher Weise und Anordnung an Masse zunehmen, und daraus den Schluß gezogen, daß hier, da eine appositionelle Zunahme von außen her keine befriedigende Erklärung der Erscheinung gäbe, ein selbständiges Wachstum der zellenlosen Schichten, d. h. eine Bildung neuer Fasern zwischen den alten, vor sich gehen müsse. *Heidenhain* nimmt ein solches intussuszeptionelles Wachstum für alle Bindegewebsbündel an und vermutet, daß ihm eine Fibrillenspaltung zugrunde liege. Außerdem soll den Interzellulärsubstanzen auch eine physiologische Aktivität und Erregbarkeit zukommen. Die erstere wird aus der Bänderspannung abgeleitet, die letztere aus der Tatsache der funktionellen Anpassung. *Biedermann*⁶⁾ geht zwar nicht ganz soweit wie

Heidenhain, aber er will doch gerade auf Grund der v. Ebnerschen Feststellungen die Bindegewebsfasern nicht als tote unveränderliche Zellprodukte gelten lassen, sondern möchte ihnen wenigstens ein zeitweises, vielleicht auch dauerndes Sonderleben unter dem Einfluß der produzierenden Zellen zuschreiben.

In neuerer Zeit hat *Hueck*⁷⁾, indem er den syncytialen Bildungscharakter des Organismus, wie er besonders in dem Bau und der Anordnung des Mesenchyms und seiner Derivate zum Ausdruck kommt, unterstrich, die Heidenhainsche Grundidee mit Rücksicht auf pathologische Vorgänge auch auf das Wachstum kompliziert gebauter Membranen übertragen und speziell am Beispiel der Arterienwand nachzuweisen gesucht, daß hier Wachstumsvorgänge, Differenzierungen und Undifferenzierungen, Regenerationen und Degenerationen innerhalb der Grundsubstanzen ablaufen, für die direkte Zellvorgänge nicht verantwortlich gemacht werden können und die daher die Annahme eines autonomen Lebens notwendig machen. Auch hier das gleiche Bestreben wie bei *Nageotte*, vom Zellenstaatsbegriff loszukommen, nur mit dem diametralen Gegensatz in der Beurteilung der Natur interzellulärer Differenzierungen: *Nageotte* hält im Virchowschen Sinne nur die Zelle für lebendig, die unabhängig davon entstehende Grundsubstanz eben darum für nichtlebend, *Hueck-Heidenhain* dagegen sehen überall im Organismus Leben auch außerhalb der Zelle und darum auch in den Interzellulärsubstanzen.

Bei den Vertretern der Idee vom autonomen Leben der Bindegewebsfaser und ihrer Modifikationen spricht die fast allgemein akzeptierte Vorstellung mit, daß die Faser ein direktes Zellprodukt ist, d. h., daß sie sich im Protoplasma oder wenigstens in unmittelbarem Zusammenhang mit ihm „epizellulär“ entwickle. Allein mit der bloßen Feststellung solcher topographisch genetischer Beziehungen kann die zur Diskussion stehende Frage nicht gelöst werden. Denn die kollagene Faser ist ja in ihrer chemischen und physikalischen Konstitution ganz anders geartet als das Zellplasma. Selbst wenn sie also auch aus diesem direkt hervorginge, so wäre es doch denkbar, daß sie mit der tatsächlichen Umänderung ihrer Struktur gerade diejenigen Eigenschaften einbüßte, die das Wesen des Lebens ausmachen. Dieser Einwand ist auch dann berechtigt, wenn man mit *Mees*⁸⁾ annehmen will, daß die Chondrioconten selbst die Grundlagen der fibrillären Differenzierung sind. Andererseits können sogar innerhalb der Zelle selbst gerade mechanisch bedeutungsvolle Strukturen zur Ausbildung gelangen, die mit Sicherheit als nichtlebend anzusprechen sind. Hierher gehören z. B. die Kalk-

⁴⁾ *Heidenhain, M.*, Plasma und Zelle, 1907.

⁵⁾ *v. Ebner, V.*, Die Chorda dorsalis der niederen Tiere und die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes. Zeitschr. wiss. Zool. 62, 469, 1897.

⁶⁾ *Biedermann, W.*, Die Physiologie der Stütz- und Skelettsubstanzen. Wintersteins Handb. vgl. Physiol. III, 1, 1913.

⁷⁾ *Hueck, W.*, Über das Mesenchym usw. Beitr. path. Anat. allg. Path. 66, 330, 1920.

⁸⁾ *Mees, F.*, Über Strukturen in den Zellen des embryonalen Stützgewebes usw. Arch. mikr. Anat. 75, 149, 1910.

nadeln der Spongien, die zunächst im Innern besonderer Skleroblasten als sogenannte geformte Sekrete auftreten und, auch wenn sie aus der Zelle herauswachsen, doch immer noch Nachschub von ihr erhalten. Auf der anderen Seite haben wir in den Hornsubstanzen einen Beleg dafür, daß der Zelleib als Ganzes weitgehenden Umformungen mit völliger Änderung seines chemischen und physikalischen Charakters unterliegen, ja daß die Zelle als solche wirklich absterben kann, während das Produkt dieser Dekomposition gerade damit zu seiner physiologischen Höchstleistung gelangt.

Ist demnach auch mit der genetischen Ableitung allein nichts anzufangen, so bleiben doch noch die Wachstumsvorgänge zu erklären. Ist ein Wachstum ohne Eigenleben möglich? Die Beantwortung der Frage hängt in erster Linie von der Art der Vorgänge ab, die hier als Wachstum bezeichnet werden. Nach den Befunden v. Ebners an der Chordascheide, die auch *Meres* für die sich entwickelnden Sehnenfaserbündel bestätigt, handelt es sich um eine Massenzunahme gleichgearteter Substanz, die aus feinsten, durch eine „Kittsubstanz“ zusammengehaltenen Fibrillen besteht. v. Ebner⁹⁾ hat aber selbst die Auffassung vertreten, daß diese Fibrillen durch rein mechanische Vorgänge in der einheitlichen präkollagenen Masse erst geprägt würden. Die Fibrillensonderung ist danach ein sekundärer Prozeß, und zum Wachstum genügt die einfache Zunahme jener Bildungsmasse. Daß diese ohne direkte Zellbeteiligung vor sich geht, wird zugegeben. Damit aber kommen wir zu der Vorstellung, daß das Wachstum hier einfache Angliederung von Substanzen bedeutet, die in irgendeiner Form in dem umgebenden Medium enthalten sind. Entweder finden sich diese Substanzen in flüssiger Form und werden nur durch eine Änderung ihres Aggregatzustandes geformt oder aber sie sind anderer Art, und die Angliederung ist nur der Ausdruck eines Assimilationsvorgangs, also wirklicher Stoffwechselvorgänge, in der wachsenden Faser. Wer auf dem Standpunkt steht, daß derartige Wachstumsprozesse im Organismus unter allen Umständen echte Lebensphänomene sind, wird die letztgenannte Alternative allein für richtig anerkennen. Allein solange nicht nachgewiesen ist, daß die Faser atmet, hat die erstgenannte Annahme ebensoviel für sich. Der Wachstumsvorgang wäre dann einem Kristallisationsphänomen gleichzusetzen, zumal schon aus optischen Gründen (Doppelbrechung) eine kristalloide Struktur der Bindegewebefaser vermutet werden darf. Weder Wachstumsfähigkeit noch Ausbildung typischer Gestalt noch auch Teilungsfähigkeit lassen sich nach *Rhumbler*¹⁰⁾ der

organismischen lebenden Substanz allein schreiben.

Der ganze Gegensatz der Meinungen kommt letzten Endes auf die Definition des Lebensbegriffes hinaus. Solange wir das Vorhandensein von Leben nur aus bestimmten Äußerungen der Materie ableiten können, wird es schwer sein, die Grenze zwischen lebendigen und nicht lebendigen Bestandteilen des Organismus zu ziehen. Die normalen morphologischen Differenzierungen und die pathologischen Erscheinungen zwingen uns aber dazu, die Lebendigkeit nach Graden abzustufen¹¹⁾ und dabei auch Fernwirkungen der Zelle anzunehmen. Sowohl die Bildungsvorgänge wie auch das Verhalten der fertigen Interzellularsubstanzen bieten dafür Belege. *Nageotte*, der sonst in der Erklärung ihrer Selbständigkeit sehr weit geht, nimmt für ihre Entstehung noch die Mitwirkung der Zelle in Form einer Fermentabsonderung an. Auch hätte die von ihm behauptete „Wiederbevölkerung“ des abgetöteten Bindegewebes durch neu einwandernde Zellen keinen Sinn, wenn man sie nicht wenigstens mit irgendwelchen trophischen Notwendigkeiten in Verbindung bringen will. Ich selbst¹²⁾ habe neuerdings unabhängig von *Nageotte* die Ansicht vertreten, daß die Bildung des lamellösen Knochens, den ich mit einem allgemeineren Ausdruck als Schalenknochen bezeichne, als ein Ausflockungsvorgang aufzufassen ist, indem nach Art der Fibrinbildung durch eine vermutlich fermentative Sekretproduktion der Osteoblasten zunächst eine Grundsubstanz ausfällt, in der es dann zu einer Prägung der Fibrillen und zu einer Ablagerung der Kalkerde in der verbleibenden, nunmehr als Kittsubstanz erscheinenden interfibrillären Grundsubstanz kommt. Solche Vorgänge können sich abspielen, ohne daß die dabei beteiligten Zellen in unmittelbarer Verbindung mit dem so entstehenden Produkt zu sein brauchen. Bei der Bildung des Faserknochens, wobei die fertigen Bindegewebefasern von einem mit Kalksalzen imprägnierten und um sie herum sich ablagernden Kittsubstanzmantel umschlossen werden, scheinen sich die miteingeschlossenen Bindegewebszellen vollständig passiv zu verhalten.

Doch läßt sich eine Beziehung der Zelle zu ihrem geformten Sekret auch noch in anderer Weise denken. Dasselbe Problem, das die Interzellularsubstanzen für den tierischen Organismus stellen, besteht auch im Pflanzenkörper in bezug auf das Verhältnis zwischen Membran und Zellinhalt. Für die Membran wird intussuszeptionelles Wachstum und sonstige Teilnahme an den

¹¹⁾ S. hierüber *Weidenreich, F.*, Über Differenzierung und Entdifferenzierung. Arch. mikr. Anat. 97, 227, 1923.

¹²⁾ *Weidenreich, F.*, Knochenbildung und Bindegewebsverknöcherung. Münch. med. Woch. Nr. 10, 315, 1923. — Knochenstudien. I. Teil: Über Aufbau und Entwicklung des Knochens und den Charakter des Knochengewebes. Zeitschr. Anat. Entw.-Gesch. (im Druck).

⁹⁾ v. Ebner, V., Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organischer Substanzen. 1882.

¹⁰⁾ *Rhumbler, L.*, Aus dem Lückengebiet zwischen organischer und anorganischer Materie. Erg. Anat. Entw.-Gesch. 15, 1, 1905.

Lebensvorgängen angenommen. Aber auch hier ist es fraglich, ob diese Prozesse Eigenscheinungen der Zellhaut sind oder vom Plasma irgendwie hineingetragen werden. Zugunsten der letzteren Ansicht sprechen neue experimentelle Untersuchungen *Hansteen-Cranners*¹³⁾, dessen These sich auf die Natur der Zellmembran als kolloidales Gebilde gründet und in dieser Form Zusammenhänge mit der prinzipiell gleich strukturierten Plasmahaut annimmt. Plasma und Vacuolenhaut der Pflanzenzelle stellten danach ein kolloidales System aus Phosphatiden dar; die Phosphatidgrenzschicht durchdringt überall auch die anliegende Zellhaut, die selbst ein kolloidales Netzwerk sei, dessen festes Gerüst aus Zellulose und Hemizellulose bestehe, während die Maschen sämtliche Phosphatide der Grenzschicht enthielten. Diese Formulierung kommt auf einen alten Gedanken *Wiesners*¹⁴⁾ hinaus, den schon *Biedermann*¹⁵⁾ auf die kollagene Faser übertragen hat. Da auch die tierischen Interzellularsubstanzen ein kolloidales System darstellen, können zwischen ihnen und der Zelle zum Teil sehr wohl ganz ähnlich geartete Zusammenhänge bestehen, die die Interzellularsubstanz an Zellvorgängen teilnehmen ließe, ohne daß sie aber darum selbst der Herd metabolistischer Prozesse zu sein brauchte. Der ursprüngliche Gedanke *Virchows*, daß die Interzellularsubstanz zwar nicht lebt, aber doch in Abhängigkeit von den lebenden Zellen steht, würde damit in ein modernes Gewand gekleidet. Es gäbe dann doch etwas wie ein „erborgtes“, d. h. ein induziertes Leben.

Wie man aber auch das Leben der Interzellularsubstanzen beurteilen mag, so ist doch sicher, daß sowohl im tierischen wie im pflanzlichen Organismus Formationen vorkommen, die morphologisch als tot oder jedenfalls als absterbend zu betrachten sind, denen aber gleichwohl im Haushalt des Körpers eine hohe physiologische Bedeutung zukommt. Hierher gehören alle epidermoidalen Bildungen des Tierkörpers, wie die verhornte Oberhaut, Haare, Nägel, Federn usw. Trotz ihrer ursprünglichen Entstehung aus lebenden Zellen und ihrer innigen Verbindung mit dem lebenden Organismus sind diese Gebilde sicher nicht mehr der Sitz eigener Stoffwechselvorgänge, und wenn auch gewisse Reaktionen an ihnen beobachtet werden mögen, so handelt es sich hierbei doch nur um Veränderungen physikalischer Natur, wie sie auch an sicher unbelebten Körpern nachweisbar sind. Auch ein dauernd im Organismus verbleibendes Organ, die Linse, ist hierher zu rechnen; sie ist zwar zum Teil von lebendigen Zellen umkleidet, aber ihre Hauptmasse besteht aus eigentümlich umgeformten zellenlosen Fasern, an

denen nichts auf spezifische Lebensvorgänge hinweist. Die bekannte Tatsache, daß sie kein artspezifisches Eiweiß besitzt, ist vielleicht auch ein Beweis dafür, daß sie am Stoffwechsel des Organismus keinen Anteil nimmt. Im pflanzlichen Organismus findet totes Material in großem Umfang Verwendung. Kork, Steinzellen, Sklerenchymfasern in Bast und Holz sind im ausgebildeten Zustande tote Zellen, deren Plasma völlig geschwunden ist, die aber gleichwohl zum Teil gerade als mechanisches Gewebe von fundamentaler Bedeutung für den Pflanzenkörper sind. Das gilt besonders auch für das Leitgewebe der Tracheen und Tracheiden, durch deren Membranen der Wasser- und Säftestrom dauernd hindurchpassieren muß. Auch die Trichome der Pflanzen können absterben (Woll- und Filzhaare), gleichwohl aber für das Leben von absoluter Notwendigkeit sein, wie z. B. die durch die Bildung von Kapillarräumen das atmosphärische Wasser festhaltenden Schuppenhaare der epiphytischen Bromeliaceen¹⁶⁾.

In den genannten Fällen handelt es sich um Zellelemente oder um ganze, aus solchen zusammengesetzte Organe, bei denen der Tod am Schwunde des Kernes und des Protoplasma oder wenigstens an dessen weitgehender Veränderung histologisch abgelesen werden kann. Da wir andererseits bei Wirbellosen reine Kalk-, Kiesel- und Hornskelette finden, die trotz ihres sicher nicht lebendigen Zustandes in dem Bauplan des Körpers eine ebenso wichtige Rolle spielen wie lebende Materie, so ist zunächst kein Grund einzusehen, warum auch die sonstige Verwendung nichtlebenden Materials von vorne herein unmöglich sein sollte. Freilich sehen wir meistens, daß der Organismus das Bestreben hat, Totes zu beseitigen, indem er es entweder abwirft, wie z. B. die epidermoidalen Gebilde oder es im Körperinneren selbst zerstört. Im letzteren Falle ist es gleichgültig, ob es sich um Produkte des eigenen Körpers handelt, die daher von Haus aus auf die spezifischen Besonderheiten des Haushaltes abgestimmt sind, oder um Fremdkörper, die dem Organismus einverleibt wurden. Solche Fremdkörper pflegen, wie besonders *v. Baeyer*¹⁷⁾ gezeigt hat, charakteristische, z. T. durch ihre Eigenart bedingte Reaktionen auszulösen, die den Zerstörungsprozeß einleiten oder den Körper durch Abschluß nach außen hin unschädlich zu machen suchen.

Der Organismus hat also die Tendenz, sich gegen Substanzen fremder Provenienz zu wehren, gleichviel ob sie leben oder tot sind. Soll ihnen gar eine funktionelle Leistung übertragen werden, so hat dies zur Voraussetzung, daß der Fremdkörper nicht an eine beliebige Stelle gelangt, wo er nicht nur seiner Konstitution wegen, sondern auch, weil er auf die lokalen Arbeitsbedingungen

¹³⁾ *Hansteen-Cranner, B.*, Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. *Meld. Norg. Landbrukshoisk.* 2, 1, 1922.

¹⁴⁾ *Wiesner, J.*, Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz. 1892.

¹⁵⁾ *Biedermann, I.*, c

¹⁶⁾ *Mez, C.*, Physiologische Bromeliaceenstudien. *Jahrb. wiss. Bot.* 40, 157, 1904.

¹⁷⁾ *v. Baeyer, H.*, Fremdkörper im Organismus. *Beitr. klin. Chir.* 58, 1, 1908.

überhaupt nicht eingestellt werden kann, nicht von vorne herein als fremd empfunden und deswegen nicht toleriert wird. Es gibt nur wenig Fälle, in denen derartige Material völlig physiologischerweise vom Organismus aufgenommen und als Instrument benutzt, d. h. zu bestimmten Leistungen dienstbar gemacht wird. Dahin gehören die Xenoskelette mancher Protozoen, Rotatorien, Anthozoen und Ascidien, wo anorganische Körper, dem Organismus eingegliedert, wie ein Eigenprodukt Verwendung finden; ferner die Statolithen der Decapoden, die nach jeder Häutung vom Tiere selbst wieder in die Statocyste gesteckt werden und aus den verschiedensten zufällig vorhandenen festen Partikelchen bestehen können. Allein hierbei wird das Material nur als tote Masse benutzt, auch wenn Kalk-, Kieselnadeln, Diatomeenschalen oder ähnliche organische Erzeugnisse eingebaut werden.

Sehr viel anders und in jeder Beziehung merkwürdiger liegen dagegen die Dinge bei den Äolidiern¹⁸⁾. Diese marinen Nachtschnecken besitzen auf ihrem Rücken lange papillöse, von Poren durchsetzte Fortsätze, die mit Nesselkapseln geladen sind und bei einem Angriff von Benteilern explodieren. Die Nesselkapseln sind aber nicht Eigenorgane des Tieres, sondern stammen aus der aufgenommenen Cnidariernahrung, die vom Darm her in die zu Nesselsäcken erweiterten und in den Rückenpapillen gelegenen Enden der Leberblindsäcke geleitet wird. Die Äolidier benutzen also die Waffe einer ganz anderen Organismenklasse, als ob sie ihre eigene wäre. Ob die Nesselkapseln selbst als „tot“ oder „lebend“ betrachtet werden müssen, ist nicht zu entscheiden. Bei der Konstruktion des Apparates ist eine Auslösung der Explosion auch bei toten Zellen möglich. An und für sich ist die letztere Annahme wahrscheinlicher; denn einmal müssen die Nesselkapseln einen großen Teil des Darmtractus passieren, ehe sie an Ort und Stelle gelangen, und dann kennen wir eine derartige Toleranz fremden Lebens nur von der Symbiose und in gewissem Sinne auch vom Parasitismus her, wobei es sich aber um ganze Organismen und nicht um Einzelorgane oder gar nur um besondere Zelldifferenzierungen handelt.

Dagegen ist die künstliche Einverleibung art-, person- oder ortsfremden Gewebes zum Zwecke physiologischer Verwendung im Eigendienst schon seit alter Zeit von der Chirurgie geübt worden. Was uns hier interessiert, ist nur die Frage, ob lebendes, totes oder abgetötetes Material ohne weiteres im fremden Organismus wie selbstproduziertes Verwendung finden kann. Bei der Bluttransfusion ist bekanntlich eine homoioplastische Übertragung möglich. Die roten Blutkörperchen der Säugetiere, die morphologisch weitgehend dekompositierte Elemente sind und die dadurch

zweifelloso eine ganze Reihe von Lebenseigenschaften eingebüßt haben, also mit mehr Recht als nekrobiotisch, denn als „lebend schlechthin“ bezeichnet werden dürfen, sind gleichwohl imstande, ihre Funktion als Gaswechsler im personfremden Organismus, der sie im allgemeinen toleriert, ebensolange auszuüben als im eigenen Körper, wo ihnen nachweislich nur die kurze Lebensdauer von etwa 7 Wochen zukommt. Würde man aber die roten Blutkörperchen im Sinne Nageottes vorher mit irgendwelchen konservierenden Reagentien behandeln, so würde das sicher trotz ihres natürlichen nekrobiotischen Charakters ihre Konstitution so verändern, daß sie nicht mehr als funktionierende Elemente in Frage kämen; höchstens dürfte ihr Eisengehalt nach der Ausmerzung für die Neubildung gleicher Elemente wieder Verwendung finden. Ich erwähne die roten Blutkörperchen hier deswegen, weil sie ihrem Differenzierungszustande nach sicher mindestens zwischen Tod und Leben stehen.

Doch existieren auch für die Gewebe mit Interzellulärsubstanzen, und zwar speziell für den Knochen, eingehende histologische Untersuchungen, die eine Stellungnahme zu der wieder von Nageotte neu aufgeworfenen Frage ermöglichen. Barth¹⁹⁾ und Marchand²⁰⁾ haben kleine Knochen-scheibchen aus dem Verband des Schädeldachs gelöst und sofort wieder eingeeilt. Sie fanden dabei, daß zwar dem bloßen Aussehen nach eine völlige Restitution eintrat, daß aber die selbst nur für wenige Minuten aus ihrem natürlichen Zusammenhang gerissene Knochen-substanz — wenigstens wenn das aus dem Zustand ihrer Zellen geschlossen werden kann — zugrunde geht und allmählich durch neue ersetzt wird. Der Prozeß spielt sich nach ihnen in der Weise ab, daß sowohl von der Oberfläche wie von den Markräumen bzw. den Gefäßkanälen her der alte Knochen, dessen Zellen fast sämtlich degenerieren, entweder sofort aufgelöst und durch neuen ersetzt oder aber zunächst stehen bleibt und von neu abgelagerter Substanz ummauert wird. Indem diese Vorgänge sich immer wiederholten, würde der ganze Knochen gewissermaßen heimlich von innen heraus neu umgearbeitet. Marchand glaubt, daß die alten Knochenzellen ihre Vitalität einbüßen und neue in Tätigkeit tretende Osteoblasten die alte Grundmasse, ohne daß es dabei zur Bildung von Resorptionslücken kommt, an Ort und Stelle auflösen, um ihre Kalksalze gleich wieder zum Neuaufbau zu verwenden. Ich habe aus anderen Gründen diese Versuche wiederholt und kann die Angaben im wesentlichen bestätigen, wenn ich auch finde, daß die Masse des zunächst nicht absterbenden Knochens sehr viel größer ist als die Angaben Barths und Marchands vermuten

¹⁸⁾ Spengel, Die Nesselkapseln der Äolidier, Naturw. Wochenschr. 849, 1904.

¹⁹⁾ Barth, A., Histologische Untersuchungen über Knochenimplantation. Beitr. path. Anat. allg. Path. 17, 65, 1895.

²⁰⁾ Marchand, F., Der Prozeß der Wundheilung, Deutsche Chir. 16, 1901.

ließen. Man sieht an der Tat, daß neugebildete Knochensubstanz fast überall sich an die alte anlagert und daß das auch dort der Fall ist, wo die letztere in weitgehendem Maße zertrümmert wurde (Sägemehl). Auf diese Weise entsteht ein z. T. aus Bruchstücken zusammengesetzter, stark spongioser Knochenneubau. In diesem Falle dürfte man also sagen, daß totes oder nicht lebendes Material im Sinne *Nageottes* wieder beim Aufbau Verwendung findet. Das gilt für alle Fälle, d. h. ob man mit dem Nachweis der Zelldegeneration auch die Grundsubstanz selbst für tot hält oder ihr von vorne herein eigenes Leben abspricht.

Nun liegen allerdings beim Knochen besondere Verhältnisse vor. Auch im normalen Knochen finden innere Strukturumsetzungen statt, die sich in großartigen Ab- und Anbauprozessen äußern und das eigentliche Strukturelement des Knochens, das Osteon, dauernd zerstückeln. Die einzelnen kleineren Trümmer dieser Breccie werden aber — und das ist wesentlich — hier wieder durch einen Kalkmörtel, der in Form von „Kittlinien“ erkennbar wird, zu einer einheitlich funktionierenden Masse verbunden. Die neugebildeten Knochenstücke werden also schon physiologischerweise immer wieder abgebrochen und ihre Fragmente in die allgemeine Masse eingemauert. Bei dieser Sachlage verschlägt es nichts, wenn auch einmal zellenlose Bruchstücke unter die Bausteine gemengt werden. Bei stärkerer Durchsetzung des Materials mit solchen Trümmern vollzieht sich der Umbau offenbar nur rascher als unter normalen Verhältnissen. So wird verständlich, warum zur Deckung etwaiger Defekte an und für sich auch abgetöteter Knochen Verwendung finden kann, wie die Versuche *Barths* und *Marchands* schon längst erwiesen haben. Die Schwierigkeit liegt bei der praktischen Anwendung dieses Verfahrens z. T. wohl darin, daß in solchen Fällen die Elemente, die das neue zur Verlötung nötige Stein- und Mörtelmaterial zu produzieren haben, nicht so rasch und leicht an Ort und Stelle angeliefert werden können.

Nageotte hat die *Barthschen* Versuche in anderer Form wiederholt und ist zu den gleichen Resultaten gelangt. Aber er zieht daraus keine weiteren Folgerungen und Vergleiche hinsichtlich der Einheilung rein bindegewebiger Strukturen und deren Beurteilung. Am Beispiel der Sehne kann am deutlichsten klar gemacht werden, worauf es ankommt. Beim Knochen in seiner Gesamtheit besteht keine Kontinuität der seine Grundsubstanz mitbildenden Fasermasse selbst. Erst die verkalkte Kittsubstanz, in der sie eingebettet ist, verleiht sie zu einheitlicher Funktion. Ganz anders scheint es bei der Sehne. Sieht man auch davon ab, ob eine Kontinuität zwischen Muskel- und Sehnenfibrille besteht oder nicht, so laufen doch die Sehnenfasern innerhalb der Sehne selbst durch und setzen sich ununterbrochen in das Periost oder in verknöcherte Form in den

Knochen selbst fort (Faserknochen vgl. *Weidenreich*²¹). Wird nun aus der Sehne ein Stück herausgeschnitten und ein anderes dafür eingesetzt, so müßte es, wenn die morphologische und funktionelle Einheit wiederhergestellt werden soll, zu einer vollständigen Verlötung von Faser mit Faser an den Vereinigungsstellen kommen. Nach dem, was bisher aber hierüber bekannt wurde, treten nach Kontinuitätstrennungen und Transplantationen von Sehnen oder ähnlichem Gewebe (Blutgefäßen) immer kallusartige Bildungen auf, denen eine starke Vermehrung des peri- und intratendinösen Bindegewebes zugrunde liegt. Man hat dabei den Eindruck, daß es sich bei der Restitution mehr um ein Flecken handelt, indem die durchschnittenen Sehnenfasern in ein Hilfsfilzwerk eingewoben werden, als um eine direkte Verlötung. Es scheint, daß eine faktische Wiederherstellung der Kontinuität erst dadurch zustande kommt, daß die Fasern in ihrer ganzen Länge nach und nach neugebildet werden und daß das Filzwerk diesen Vorgang verdeckt. Beim Knochen lassen sich gleichgeartete Vorgänge wenigstens einigermaßen verfolgen; bei der Sehne ist bis heute nicht gezeigt worden, wie und in welchem Umfang der physiologische Ersatz der Faser vor sich geht, deren zeitweilige Erneuerung wie bei den meisten anderen Geweben und Differenzierungen des Organismus angenommen werden muß. Dieser Mangel entbindet aber nicht von der Notwendigkeit, bei einer behaupteten völligen Kontinuitätswiederherstellung im Verlaufe einer Wundregeneration die besondere Art dieses Vorganges darzutun. Dies gilt gegenüber *Nageottes* Versicherungen, um so mehr, als *Borst* und *Enderlen*²² schon längst für die Gefäße gezeigt haben, daß bei ihrer homoioplastischen Transplantation das Transplantat nur der Platzhalter für die von der Pfropfunterlage aus neu entstehenden Gewebepartien ist und in dem Maße, wie diese Neubildung erfolgt, selbst zugrunde geht, und *Salomon*²³ auch für die Sehne den gleichen Vorgang nachweisen konnte.

Aus den erörterten Gründen kann daher die von *Nageotte* gegebene Darstellung nicht befriedigen. Selbst wenn man zugeben wollte, daß sich das künstlich abgetötete Sehngewebe wie natürliches lebendes verhält, müßte der Nachweis verlangt werden, in welcher Weise die jeweiligen Enden zu einer neuen Einheit verschmelzen. Die Erklärung, daß in einem gewissen Stadium die Grenzen nicht mehr erkennbar sind, genügt des-

²¹ *Weidenreich*, l. c., und: Über die Beziehung zwischen Muskelapparat und Knochen und den Charakter des Knochengewebes. *Verh. Anat. Ges. Erlangen* 28, 1922.

²² *Borst* und *Enderlen*, Über Transplantation von Gefäßen und ganzen Organen. *Deutsche Zeitschr. Chir.* 99, 54, 1909.

²³ *Salomon*, A., Untersuchungen über die Transplantation verschiedenartiger Gewebe in Sehnendefekte. *Arch. klin. Chir.* 114, 523, 1920.

wegen nicht, da inzwischen die alten Fasern in ihrer ganzen Länge abgebaut und neu durchgezogen sein können. Aber davon abgesehen bleibt sehr schwer vorstellbar, daß eine tagelang dauernde Formalin- oder Alkoholbehandlung die physikalische und chemische Konstitution der Sehne — auch dann, wenn es sich dabei nur um unbelebte kolloidale Systeme handelte — so wenig alterieren sollte, daß sie sich ohne weiteres mit frisch durchschnittenen Fasern zusammenfügte. Auch die Bedeutung der „Wiederbevölkerung“ durch die eingewanderten Fibroblasten bedarf genauer Präzisierung. Einstweilen sieht es so aus, als wenn auch hier nur ein Flicken mit neugebildeten Hilfsfasern eingesetzt würde und unter dieser Decke sich eine totale Neubildung vollzöge.

Sollten sich aber die Angaben *Nageottes* bewahrheiten und die Regenerationsvorgänge sich wirklich so abspielen, wie sie in Konsequenz seiner Auffassung nach der hier gegebenen Analyse angenommen werden müßte, dann hätte dies allerdings eine weitgehende Revision unserer zytologischen Grundanschauungen zur Folge. Allein gerade der wesentliche Nachweis, daß die formalinisierten Fasern der eingesetzten Zwischenstücke sich mit den natürlichen Enden zu einer vollständigen Kontinuität wieder verschmelzen können, steht aus.

Im anderen Falle käme die Einverleibung toten Materials praktisch auf die Herstellung künst-

licher Substanzbrücken hinaus, wie sie schon längst und in der verschiedensten Weise benutzt wurden. Der einzige Unterschied wäre nur, der, daß der Defekt bis zu seiner wirklichen und natürlichen Heilung auf dem Wege einer allmählichen Erneuerung des ganzen betroffenen Apparates durch einen richtigen Kunstflicken gestopft würde. Da eine physiologische Regeneration aber wohl für fast alle Differenzierungen des Organismus innerhalb gewisser Zeitabschnitte angenommen werden muß, handelte es sich auf alle Fälle nur um ein kürzer oder länger dauerndes Provisorium. Die Verwendung von Totem hätte damit jedenfalls nur einen vorübergehenden Charakter. Es gäbe, wenigstens bei Übertragung von Geweben mit Interzellulärsubstanzen, überhaupt keine echten Implantationen im Sinne *Roux'*, sondern immer nur funktionelle Substitutionen oder Interplantationen im Sinne *Oppels*²¹⁾. Doch wäre eine derartige Feststellung nur von theoretischem Interesse, denn praktisch müßte das Ziel darauf gerichtet bleiben, solches Material zu finden, das die funktionelle Wiederherstellung in möglichst kurzer Frist sichert, gleichviel ob die [provisorische] Substitution durch tote oder lebende oder sonstwie geartete Materie erfolgt.

²¹⁾ *Oppel*, A., Über die gestaltliche Anpassung der Blutgefäße unter Berücksichtigung der funktionellen Transplantation. *Roux' Vortr. u. Aufs. Entw.-Mech. Org.* II, 10, 1910.

Reizgröße und Reizreaktion im Pflanzenreich¹⁾.

Von *Felix Rawitscher*, Freiburg i. Br.

Wenn ein Vorgang irgendwelcher Art verändernd auf den Ablauf der Lebenserscheinungen eines Organismus einwirkt — ohne sie zu vernichten, sie also nur in andere Bahnen lenkt — so nennen wir denselben: Reiz. Die Veränderungen im Ablauf der Lebensvorgänge, mit denen der Organismus auf den Reiz antwortet, nennen wir Reaktionen. Meistens ruft ein Reiz mehrere Reaktionen hervor, die zeitlich nacheinander ablaufen, in der Weise, daß die erste, unmittelbare Reaktion, die der Reiz auslöst — Erregung, auch Rezeption, von den Botanikern Perzeption genannt —, ihrerseits wieder als Reiz auf andere Lebensvorgänge einwirken, diese zu einer weiteren Reaktion veranlassen kann, und so fort, bis mit einer letzten, der Endreaktion — oft schlechthin „die Reaktion“ genannt — die ganze sogenannte „Reizkette“ geschlossen wird. Hat so der ursprüngliche Reiz einen Gleichgewichtszustand gestört, so stellt die Endreaktion einen neuen Gleichgewichtszustand her, der den nach dem Reiz vorhandenen Bedingungen entspricht. Da die Natur des neuen Gleichgewichtszustandes

und die Art und Weise, wie er erreicht wird, nicht nur vom Reiz, sondern auch von der Organisation des Lebewesens, auch von den Außen Umständen, abhängt, so können wir keine eindeutigen Beziehungen zwischen Reizgröße und Reaktionsgröße erwarten, was auch durch den beliebigen Vergleich von Reizvorgängen mit den Auflösungsprozessen der unbelebten Welt ausgedrückt wird.

Zerlegen wir den Reiz-Reaktionsvorgang in zwei Phasen, nämlich:

1. Reiz — Erregung,
2. Erregung — Endreaktion.

so ist also zunächst ersichtlich, daß solche die quantitative Betrachtung störenden Einflüsse vor allem in der zweiten Phase, der „Reizkette“, auftreten werden. So zeigt, um nur ein Beispiel zu nennen, eine häufige Beobachtung, daß Reaktionen, indem sie entstehen, schon Gegenreaktionen hervorrufen — das Bestreben z. B., entstehende Krümmungen auszugleichen, ist eine als „Autotropismus“ beschriebene Erscheinung —, die natürlich auf die Größe der Endreaktion einen erheblichen Einfluß haben werden.

Anders ist es mit der ersten Phase, die ja nur die Vorgänge zwischen Reiz und erster durch

¹⁾ Nach einem Vortrag, gehalten am 28. Juni 1922 vor der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br.; mit einigen Kürzungen und Erweiterungen.

diesen hervorgerufenen Veränderung im lebenden Mechanismus umfaßt. Hier spielen sekundär auftretende Komplikationen keine Rolle, wir dürfen eindeutige quantitative Beziehungen zwischen Reiz und Erregung erwarten, ja müssen es, wenn es überhaupt einen Sinn haben kann, den Vorgängen des Lebens gegenüber messend zu verfahren²⁾. Hier aber erhebt sich die neue Schwierigkeit, daß der Pflanzenphysiologe die Erregung unmittelbar weder nachweisen noch gar messen kann; er braucht vielmehr eine nachweisbare Reaktion aus der zweiten Phase, um überhaupt feststellen zu können, ob eine Erregung eingetreten sei. Experimentell läßt sich die erste Phase von der zweiten nicht trennen.

Wohl aber erlaubt ein indirektes Verfahren gewisse Rückschlüsse.

Ist aus der Größe der Reaktion auch kein unmittelbarer Schluß auf die Größe der Erregung gestattet, so dürfen wir doch, unter gewissen Bedingungen, voraussetzen, daß *gleichen Erregungen gleiche Reaktionen* entsprechen. Der Rückschluß von gleichen Reaktionen auf gleiche Erregungsgrößen ist natürlich nicht ohne weiteres gestattet, man bedient sich seiner aber mit Erfolg innerhalb solcher Grenzen von Reizgrößen, innerhalb deren man feststellen kann, daß wachsenden Reizgrößen stets wachsende Reaktionsgrößen zugeordnet sind. Kennen wir innerhalb solcher Intervalle auch nicht das Zuordnungsgesetz für beide Werte, so dürfen wir doch innerhalb dieser Grenzen von gleichen Reaktionen auf gleiche Erregungsgrößen schließen. Diese Bedingungen sind gegeben, und dieses Verfahrens bedient sich die Pflanzenphysiologie dort, wo von sogenannten *Reizschwellenwerten* die Rede ist.

Reizschwellenwerte sind diejenigen kleinsten Reizmengen, die gerade noch imstande sind, eine eben merkliche Reaktion in einem gegebenen Organismus hervorzurufen. Handelt es sich beispielsweise um Lichtreizung bei Pflanzen, so ist ein phototropischer Reizschwellenwert diejenige Lichtmenge, deren Zuführung gerade genügt, um bei einem bestimmten Versuchsobjekt phototropische Krümmungen zu erzielen. Hat man eine bestimmte Lichtmenge benutzt, die etwa 50 % der Versuchspflanzen zu eben merklichen Krümmungen veranlaßt, so läßt sich leicht zeigen, daß bei wenig vergrößerter Reizmenge Prozentzahl und Größe der individuellen Reaktionen zunehmen, während sie im umgekehrten Fall abnehmen. Es zeigt sich weiter, daß bei Versuchsmaterial gleicher Art, Herkunft und Vorbehandlung, solche Reizschwellenwerte sehr konstant und genau bestimmbar sind. von Guttenberg (8) bestimmte so

²⁾ Wir müssen nicht notwendig die allererste durch den Reiz hervorgerufene Veränderung als Erregung bezeichnen. Sieht man z. B. den Beginn einer photochemischen Reizung in der *Beschleunigung* einer Reaktion, so wird es mit Pütter (13) zweckmäßig sein, den Zustand der Erregung erst in einer daraus folgenden *Konzentrationsänderung* bestimmter Stoffe zu erblicken. (S. unten.)

die kleinste Lichtmenge, die 100 % der benutzten Haferkeimlinge zu einer eben noch wahrnehmbaren Reaktion veranlaßte, als 3,8 Meterkerzensekunden.

Eine Reihe ausführlicher solcher Reizschwellenbestimmungen erlaubte nun die Aufstellung einer als „Reizmengengesetz“ bezeichneten Gleichung.

$$JT = K,$$

d. h. das Produkt aus Intensität (J) des Reizes und der Einwirkungsdauer (T) ist konstant (K).

Die Gültigkeit dieses Gesetzes wurde hauptsächlich für Lichtreizung (Phototropismus) und Schwerereizung (Geotropismus), und zwar zuerst von Fröschel (7), Blaauw (1) und Rutten-Pekelharing (16) nachgewiesen. Zu seiner Prüfung wurden zwei Wege beschritten.

1. *Die Präsentationszeitmethode*: Hier wird für verschiedene Reizintensitäten die geringste Einwirkungsdauer festgestellt, die noch zu einer Reaktion führt. JT ergibt stets den gleichen Wert.

2. *Die Kompensationsmethode*: Das Versuchsobjekt wird zwei antagonistisch wirkenden Reizen unterworfen. Stimmen die beiderseits entgegengerichteten Reizmengen nach dem Reizmengengesetz überein, so tritt vollkommene Kompensation (Reaktionslosigkeit) ein, während geringe Differenzen deutliche Reaktionsausschläge ergeben³⁾.

Für den Phototropismus ist die Art der Anwendung beider Methoden ohne weiteres verständlich. Um aber die *Massenwirkung*, die das Zustandekommen der *geotropischen* Krümmungen herbeiführt, der *Intensität* nach variieren zu können, ersetzt man die Erdanziehung durch die Fliehkraft der Zentrifuge. Will man die *Richtung* der Schwerkraftreizung variieren, so kann man, neben der leicht auszuführenden Präsentationszeitmethode auch den Kompensationsweg beschreiten, indem man am Klinostaten — einem Uhrwerk, das die Pflanzen langsam um die horizontale, vertikale oder geneigte Achse rotiert — die Pflanzen nacheinander abwechselnd verschiedenen Lagen zur Erdoberfläche aussetzt. Besonders gelingt dies, wie Fitting (6) zeigte, wenn statt des kontinuierlich rotierenden der intermittierende Klinostat zur Verwendung kommt, der die Pflanzen in wenigen miteinander zu vergleichenden Reizlagen während bestimmter modifizierbarer Reizzeiten festhält.

Mit den genannten Methoden ließen sich einige Varianten des Reizmengengesetzes als gültig erweisen. So gilt auch in der Botanik das

³⁾ Von diesen beiden Methoden schließt nur die erste von zwei gleichen Reaktionen auf gleiche Erregungen; die zweite bringt beide Reizwirkungen direkt zum Ausgleich. Dabei läßt sich nicht ohne weiteres bestimmen, ob hier die Erregungen oder die von ihnen herbeigeführten weiteren Reaktionen einander aufheben. Diese Frage ist hier nicht von Belang, muß aber bei der Prüfung des Weber-Fechnerschen Gesetzes beachtet werden.

Talbotsche Gesetz in der Form, daß der Reizschwellenwert derselbe bleibt, wenn die Reizmenge nicht in einer Dauerreizung, sondern durch intermittierende Zuführung von Teilreizen appliziert wird. Hier ist nur dafür zu sorgen, daß die Intervalle zwischen den Teilreizungen nicht eine gewisse, von der Dauer der Teilreize abhängige Dauer (Relaxationszeit) überschreiten, weil sonst die zugeführten Teilreize ganz oder teilweise „abklingen“.

Nicht auf die Dauer, sondern die Intensität der Reizung bezieht sich das „*Sinusgesetz*“. Wird die Reizlage so gewählt, daß der Reiz senkrecht zur Ruhelage des Organs einwirkt, so ist die Wirkung am größten (Sinus des Reizeinfallswinkels = 1). Die Intensität des Reizes nimmt ab mit dem Sinus des Einfallswinkels.

Wirken zwei oder mehrere Reize auf ein pflanzliches Organ in verschiedenen Richtungen ein, so gilt offenbar ganz allgemein das *Resultantengesetz*; d. h. es tritt die Reaktion ein, die nach dem Parallelogramm der Kräfte aus Größe und Richtung der Einzelreize zu erwarten ist. Dieses Gesetz, schon lange vermutet, wurde durch Arbeiten von Hagem (9), Buder (4) und Stark (18) auf eine quantitative Grundlage gestellt.

von Guttenberg (8) schließlich hat neuerdings gezeigt⁴⁾, daß für den Phototropismus die Größe der beleuchteten Flächeneinheit als dritter Faktor neben Intensität und Bestrahlungsdauer in die Grundgleichung eingeführt werden muß, daß also, wenn man die Hälfte der Vorderseite z. B. eines Haferkeimlings belichtet, die Reizschwelle erst nach doppelt so langer Belichtungsdauer erreicht wird, als bei gleicher Lichtintensität und voller Belichtung. Aus seiner Untersuchung geht hervor, daß räumlich getrennt applizierte unterschwellige Teilreize genau so summierbar sind, wie die zeitlich getrennten der intermittierenden Reizung.

Wir können aus den angeführten Versuchen zweierlei entnehmen. Einmal läßt sich das Produkt JT konstant setzen für solche Reizmengen, die dem Schwellenwert entsprechen, und zweitens erwies sich dasselbe Reizmengengesetz auch für kleinere Reizmengen als gültig, die einzeln unterschwellig, erst durch Summation zur Wirkung gelangten. Was sich hier addierte, waren die unterschwelligen Erregungen, und da ihr Gesamtbetrag sich dem Reizmengengesetz einfügte, so können wir ihre Größe als mit der zugeführten Reizmenge direkt proportional betrachten.

Diese einfache Beziehung zwischen Reiz und Erregung gilt nun aber nur innerhalb bestimmter Grenzen von Reizmengenwerten. Werden die Reizmengenschwellen beträchtlich überschritten, so wächst die Erregungshöhe nicht mehr direkt proportional mit der Reizmenge, sondern langsamer, wie wir es etwa nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz erwarten würden.

⁴⁾ Vgl. auch das Referat in dieser Zeitschrift 1923, S. 183.

Unsere Betrachtungen bezogen sich zunächst auf diejenigen Reizmengen, die vorher ungereizte Pflanzen zur Schwellenreaktion veranlassen (Nullschwelle). Man kann aber auch die Versuchspflanzen einer allseitig gleichen (diffusen) oder sonst irgendwie antagonistischen Reizung aussetzen, bei der keine einseitige Reaktion erfolgen kann, und nun durch Zufügung eines einseitig wirkenden Reizes eine Schwellenreaktion hervorrufen. Unter geeigneten Bedingungen hervorgerufen, unterscheidet sich eine solche *Unterschiedsschwellenreaktion* in nichts von einer Nullschwellenreaktion und wir dürfen in solchen Fällen auch die beiden ihnen vorhergehenden Erregungen gleichsetzen⁵⁾. Solcher Unterschiedsschwellenbestimmungen sind in der Botanik viele unternommen und auf das Weber-Fechnersche Gesetz bezogen worden. Die Methode weicht hier aber erheblich von der in der menschlichen Sinnesphysiologie gebräuchlichen ab (s. Anm. 3), und so wird es uns schon aus diesem Grunde nicht wundernehmen, wenn nicht alle Beobachtungen zugunsten dieses Gesetzes ausgefallen sind. (Näheres hierüber siehe bei Kniep (11) und Stark (19)). Sehr viele Untersuchungen, so namentlich die zuerst von Pfeffer (12) an chemotaktischen Organismen vorgenommenen, stimmten indes mit diesem Gesetz überein und zeigten, daß mit wachsenden diffusen Reizmengen auch die Unterschiedsschwellenwerte für einseitige Reizmengen nicht mehr konstant bleiben, sondern ebenfalls, und zwar im gleichen Maße, zunehmen. Die Erregung wächst also jetzt nicht mehr proportional mit der Reizstärke, sondern langsamer, die Erregbarkeit wird abgestumpft. Besonders deutlich zeigt sich dies Verhalten an Versuchsreihen, die Stark (18) mit berührungsempfindlichen (haptotropischen) Keimpflanzen anstellte und wo vor allem für die Reizmengen und nicht, wie sonst häufig, die Reizintensitäten, diese Abstumpfungsregel beleuchtet wurde. In anderen Gebieten der pflanzlichen Reizphysiologie, so besonders beim Phototropismus, wo die positiven Krümmungen mit wachsender Reizmenge in negative übergehen können (Stimmungsänderung), liegen diese Dinge nicht so klar⁶⁾. Aber, daß wachsende Reizmengen auch hier die Erregbarkeit abstumpfen können, ist keine Frage mehr; für viele Reizvorgänge kann somit als gesichert gelten, daß die Erregbarkeit bei kleinen Reizmengen — von ganz geringen Reizintensitäten, die auch bei längster Versuchsdauer unterschwellig bleiben, abgesehen — etwa proportional mit der Reizmenge zunimmt, während sie in den Gebieten größerer Reizmengen langsamer — etwa im Grade des Weber-Fechnerschen Ausdrucks — mit diesen ansteigt.

⁵⁾ Der Einwand, daß die allseitige Reizung etwa die Reaktionsfähigkeit herabsetzt, so daß nunmehr eine größere Erregung zur Erzielung der Schwellenreaktion erforderlich würde, läßt sich experimentell ausschließen. Vgl. Kniep (10) S. 260.

⁶⁾ Doch vgl. auch hierzu Pütter V und VI (13).

Pütter (13) hat nun, ausgehend von Überlegungen über die photochemische Reizung der Sinneszellen der menschlichen Netzhaut, gezeigt, daß man mit einer aus naheliegenden Vorstellungen ableitbaren Formel Werte für die jeweilige Erregungshöhe errechnen kann (s. Anm. 2), die mit den beobachteten Schwellenwertbestimmungen der menschlichen Sinnesphysiologie gut übereinstimmen. Dabei wurde angenommen, daß die Erregung in einer Erzeugung bzw. Vermehrung gewisser Reizstoffe besteht und daß die Höhe der Erregung mit der Konzentration dieser Stoffe proportional steigt. Unter Berücksichtigung der Gesetze der Massenwirkung und der Diffusion lassen sich die jeweiligen Konzentrationen der Reizstoffe als Exponentialfunktionen der Reizintensitäten und der Reizungsdauer auffassen. Fig. 1 zeigt als Abszissen die

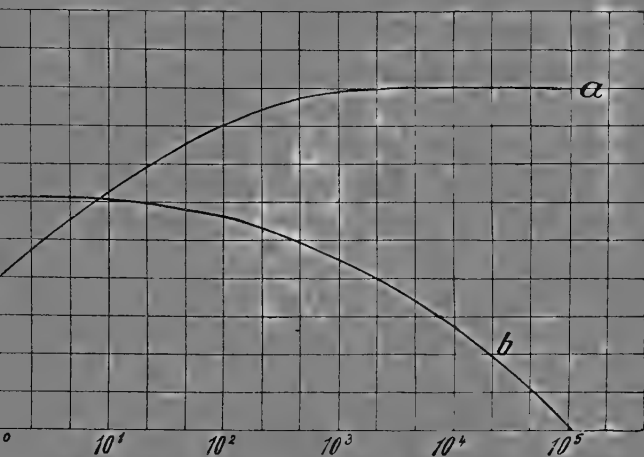


Fig. 1. Zur Abhängigkeit der Konzentration der Reizstoffe von den Reizintensitäten. Aus Pütter (13).

Reizintensitäten, als Ordinaten die Konzentrationen der Reizstoffe, beide in logarithmischem Maßstabe aufgetragen; Kurve *a* stellt das Anwachsen der errechneten Erregungen (y) mit wachsenden Reizintensitäten dar, während Kurve *b* die Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit (Δy) zum Ausdruck bringt. Wir sehen daraus das zunächst fast geradlinige Ansteigen der Erregungshöhen mit wachsenden Reizintensitäten, wie es dem Reizmengengesetz entspricht, dann, etwa dem Weber-Fechnerschen Gesetz entsprechend ein Flacherwerden der Kurve, und wir sehen schließlich, nicht mehr diesem Gesetz, wohl aber den Tatsachen entsprechend, daß die Erregungshöhe ein endliches Maximum erreicht, das auch bei den größten Reizungen nicht mehr überschritten wird. Die Zahlenwerte, die dieser Kurve zugrunde liegen, weisen eine gute Übereinstimmung mit vielen Daten aus der Sinnesphysiologie auf. Für in der Pflanzenwelt herrschende Verhältnisse ist vielleicht mit einer ähnlichen Abhängigkeit der Erregungshöhe von der Reizintensität und -dauer zu rechnen. Dann werden das Webersche Gesetz — und dafür

sprechen schon eine Reihe von Beobachtungen — und auch das Reizmengengesetz nur eine annähernde Gültigkeit besitzen. Die Abweichungen der Nullschwellenwerte vom Reizmengengesetz dürften allerdings wenig ins Gewicht fallen, solange es sich nicht um ausnahmsweise hohe oder niedrige Intensitäten handelt. Umfassende Feststellungen über diese Frage sind aber dringend erwünscht.

Eine systematische Untersuchung, innerhalb welcher Grenzen das Reizmengengesetz annähernd gültig ist, kann zu entscheidender Bedeutung in der Beurteilung mancher Probleme gelangen. So z. B. in der Prüfung der *Lichtwachstumshypothese*, die von Blaauw (2, 3) zur Erklärung der phototropischen Krümmungen aufgestellt wurde. Blaauw beobachtete — und gleichzeitig Vogt (21) —, daß ebenso, wie einseitige Lichtreize Krümmungen veranlassen, auch allseitige Beleuchtung verdunkelt gewesener Pflanzenteile in denselben Wachstumsreaktionen hervorruft, die sich so äußern, daß Belichtung — oder Vermehrung derselben — bei manchen Pflanzenteilen eine Wachstumsbeschleunigung, bei anderen eine Wachstumsverzögerung herbeiführt. Nach Blaauw ist diese Wachstumsreaktion eine Funktion der zugeführten Lichtmenge. Die phototropischen Krümmungen erklären sich sekundär als Folge der Helligkeitsdifferenzen, die den Flanken phototropischer Organe bei einseitiger Beleuchtung zugeführt werden, und der damit beiden Flanken induzierten verschiedenen Wachstumsreaktionen. Da, wo das Wachstum durch das Licht beschleunigt wird, wird die hellere, also gewöhnlich die Vorderseite, stärker wachsen und eine Krümmung vom Lichte weg die Folge sein. Im andern Fall wird die beschattete Flanke stärker wachsen und eine positiv phototropische Krümmung herbeiführen. Nach Blaauw ist also die Lichtwachstumsreaktion das *Primäre* und aus den verschiedenen Lichtwachstumsreaktionen der ungleich belichteten Flanken *resultiert* erst die Krümmung.

Im einzelnen soll hier nicht auf diese Hypothese eingegangen werden; viele bisher bekannte Tatsachen scheinen sie zu stützen. Negativ phototropische Pflanzenteile zeigen, wie zu erwarten, eine Wachstumsbeschleunigung, positive eine Wachstumsverzögerung beim Beginn der Belichtung; Organe, die sich nicht krümmen, zeigen auch keine Lichtwachstumsreaktion?).

Eine scheinbare Ausnahme bildet ein Pilz, *Phycomyces*, dessen einzellige Fruchträger positiv phototropisch reagieren und doch bei allseitiger Belichtung eine Wachstumsbeschleunigung aufweisen. Wenn trotzdem bei einseitiger Belichtung die Vorderseite langsamer als die Rückseite wächst,

7) Daß die Lichtwachstumsreaktion einen oszillierenden Verlauf nimmt, indem auf eine Hebung der Wachstumsgeschwindigkeit eine Senkung, abermalige Hebung usw. folgen kann, ist für unsere Betrachtung unerheblich.

so muß der Grund für dieses Verhalten in dem Weg gesucht werden, den die Lichtstrahlen innerhalb der einen zylindrischen wasserklaren Zelle zurücklegen, welche den Fruchtkörper des *Phycomyces* aufbaut. Fig. 2 zeigt den Strahlengang im Innern der Zelle (Querschnitt) nach *Blaauw*. Wir sehen, daß das Licht gesammelt in einem „Brennstreifen“ auf die Rückseite der Zelle projiziert wird. Die vermehrte Helligkeit auf dieser Seite soll hier eine stärkere Wachstumsbeschleunigung hervorrufen als an der Vorderseite. *Buder* (5) hat zu zeigen vermocht, daß man den Strahlengang umkehren kann, wenn man den Pilz aus der Luft in ein Medium von sehr starkem Brechungsvermögen, wie flüssiges Paraffin, überbringt. Hier wirkt die Pilzzelle nicht mehr als Sammel-, sondern als Zerstreuungslinse, die größte Helligkeit befindet sich auf der Vorderseite und auch die Reaktion, die der Sporangienträger nun ausführt, ist negativ phototropisch, der Reaktion in Luft also entgegengesetzt. Hierdurch kann man als bewiesen ansehen, daß

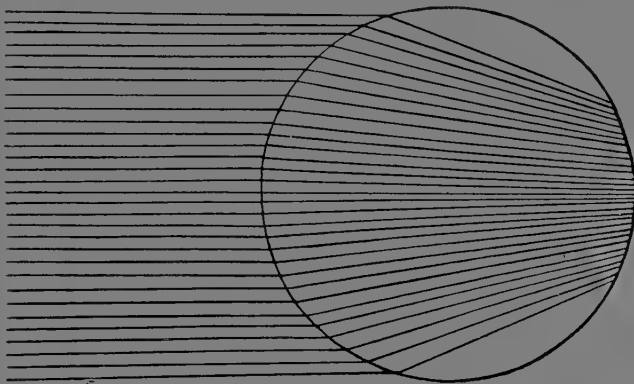


Fig. 2. Zur Erklärung der Tatsache, daß bei *Phycomyces* bei einseitiger Belichtung die Vorderseite langsamer wächst als die Rückseite. Nach *Blaauw* (2).

es die Helligkeitsdifferenzen auf Vorder- und Rückseite sind, die die Reaktion veranlassen. Die *Blaauwsche* Ansicht aber, daß diese Helligkeitsdifferenzen nicht eine einheitliche phototrope Reaktion hervorbringen, sondern unmittelbar die beiden Seiten zu verschieden starkem Wachstum anregen, woraus dann sekundär die Krümmung resultiert, ist damit nicht bewiesen. Würden die Wachstumsreaktionen zwei getrennte Lichtreaktionen darstellen — eigentlich müßte man unendlich viele, verschieden reagierende Längsstreifen in Rechnung ziehen, wir vergleichen aber den Gesamtzuwachs des dem Licht zugewandten und des von ihm abgewandten Halbzylinders —, so wäre man zunächst geneigt, anzunehmen, daß für diese Lichtwachstumsreaktionen auch das Reizmengengesetz gilt. Nun muß man aber berücksichtigen, daß dem hellen Streifen in der Mitte der Rückseite auch zwei nahezu unbelichtete Streifen zur Seite stehen, worauf wohl zuerst *Stark* in einem Referat in dieser Zeitschrift (1916, S. 356) hingewiesen hat. Die Lichtmenge auf der Rückseite ist in ihrer Gesamtheit nicht größer, sondern —

infolge sehr geringer Absorption im Innern der Zelle — eher etwas kleiner als auf der Vorderseite. Würde die Lichtwachstumsreaktion proportional mit der Lichtmenge ansteigen (oder auch nur proportional mit der Kubikwurzel derselben, wie *Blaauw* (2) dies will), so könnte der Gesamtzuwachs auf der Rückseite keinesfalls größer sein als auf der Vorderseite. Ist die Krümmung also erst das Resultat einer Zuwachsdifferenz beider Halbzylinder, so darf sie unter diesen Voraussetzungen nicht auftreten. *Blaauw* (3, S. 117) meint allerdings, an der Erreichung der Krümmung seien die wachsenden Teile der Zellwand um so mehr beteiligt, je näher sie der Mitte der Vorder- und Hinterwand liegen; indes einer genauen Betrachtung der Krümmungsmechanik solcher Zellen kann diese Überlegung nicht standhalten. Wäre sie aber berechtigt, ließen sich Reizmengengesetz für die Lichtwachstumsreaktion und Eintritt der phototropischen Krümmung im *Blaauwschen* Sinne vereinigen, so müßten wir weiterhin folgern, daß das Reizmengengesetz nur für die Lichtwachstumsreaktion, nicht aber für die daraus folgende Krümmung seine Gültigkeit behalte. Für diese hätten wir ja nach wie vor den Fall, daß Vorder- und Rückseite getrennt der Menge nach gleiche Lichtreizungen aufnehmen, daß diese Mengen aber sich nicht kompensierten. Im Fall *Phycomyces* können somit die Lichtwachstumshypothese und das Reizmengengesetz nicht vereinigt werden. — Ganz anders läge die Sache natürlich, wenn die in der *Phycomyces*-zelle entstehenden Helligkeitsdifferenzen zu einer einheitlichen Krümmungsreaktion führen würden. Bis jetzt fehlt es noch an exakten Unterlagen zur Klärung dieser Fragen; wir erkennen aus dem genannten Beispiel, wie wünschenswert genaue Daten über das Verhältnis von Reizmenge und Erregung hier sind.

Solche Ermittlungen müssen besonders vorsichtig angestellt werden, denn es gibt auch scheinbare Abweichungen vom Reizmengengesetz, welche durch sekundäre Faktoren, die die Erregung oder Reaktion beeinflussen können, hervorgerufen werden.

So zeigen z. B. Untersuchungen von *M. M. Riß* (15) an Lupinenwurzeln, daß Schwerewirkungen, die parallel zur Längsachse des gereizten Organs angreifen, hemmend einwirken können auf die Ausföhrung geotropischer Reaktionen. Einseitige Schwerereizungen müssen, sollen sie eine Schwellenreaktion erzeugen, in größerer Reizmenge zugeführt werden bei Gegenwart solcher zugleich einwirkenden Längsreizung als ohne diese. Diese Hemmungswirkung wird nun auch durch die längsverlaufende Komponente eines schräg einwirkenden (Einfallswinkel = α) Schwerkraftreizes ausgeübt. Zerlegen wir einen solchen Reiz nach dem Parallelogramm der Kräfte in eine senkrecht zum Organ angreifende Komponente (welche für die Erdanziehung $g = g \sin \alpha$ wird) und eine parallel der Organachse verlaufende Längskomponente ($g \cos \alpha$), so wird also die

letztere nicht wirkungslos verbleiben, sondern durch ihre Hemmungswirkung den Erfolg der ersteren beeinträchtigen. Daraus resultiert eine, wenn auch geringe Abweichung von den nach dem Sinusgesetz zu erwartenden Werten.

Ein anderes Beispiel für solche Komplikationen, auch wieder bezüglich des Sinusgesetzes, liefern uns die plagiogeotropischen Pflanzenteile. Bisher war die Rede von sogenannten parallelotropen oder orthotropen Organen, die danach streben, ihre Achse parallel zur Einfallrichtung eines Licht- oder Schwerereizes zu stellen. Organe, deren Ruhelage indessen einen Winkel mit der Richtung eines solchen Reizes bildet, nennt man plagiogeotrop bzw. plagiophototrop.

Beispiele für den Plagiogeotropismus stellen besonders Seitenorgane dar, wie Nebenwurzeln, viele Blatt- und Blütenstiele, und Seitenzweige, die sich unter alleiniger Wirkung der Schwerkraft in einer zu deren Richtung geneigten Ruhelage einstellen. Häufig ist der Winkel dieser Ruhelage mit dem Erdradius recht konstant, was z. B. an den Seitenzweigen der Araucarien und anderer Nadelhölzer auffällt, obgleich der Eigenwinkel hier noch durch das Gewicht des Pflanzenteils vergrößert wird. Solche Organe besitzen eine Ober- oder Dorsal- und eine Unter- oder Ventralseite, was sich oft schon im Bau derselben ausdrückt (*dorsiventrale* Organe).

Werden plagiogeotropische, *dorsiventrale* Pflanzenteile aus ihrer Ruhelage abgelenkt, so zeigen sie ein Verhalten, das von dem parallelotroper Organe stark abweicht. Lenken wir beispielsweise einen solchen Seitenzweig um 90° aus seiner Ruhelage nach oben oder unten ab, so erreichen wir hiermit nicht die optimale Reizlage, wie es dem Sinusgesetz entspräche, und drehen wir ihn in derselben Richtung um 180° , so stellt diese Inverslage keine labile Ruhelage dar, wie es bei orthotropen Pflanzenteilen der Fall sein würde. Während diese in ihrer Inverslage (senkrecht nach unten) keinen geotropischen Reiz aufnehmen und nur durch ihre nie ganz ausbleibenden Wachstumsschwankungen zufällig aus der reizfreien Lage herausgelangen, um sich dann natürlich geotropisch vollständig aufzurichten, reagiert ein solcher Seitenzweig sowohl aus seiner Inverslage (180° um die Ruhelage gedreht) wie auch senkrecht nach unten orientiert, stets mit einer Krümmung, bei der seine frühere Oberseite konvex wird, also mit einer Dorsalkonvexkrümmung. Ein weiterer Unterschied gegenüber parallelotropen Pflanzenteilen zeigt sich am Klinostaten. Um die horizontale Achse desselben langsam⁸⁾ rotiert, würde ein parallelotropes Organ reaktionslos, also ungekrümmt verbleiben, weil die Wirkung der Schwerkraft, die nacheinander auf jede Seite desselben einwirkt, hier zur Aufhebung gelangt. Ein *dorsiventraler* Seitenzweig reagiert aber auch hier wieder mit Dorsalkonvex-

krümmung. Ja, die Vorliebe zur Dorsalkonvexkrümmung geht bei diesen Pflanzenteilen soweit, daß eine solche selbst dann auftritt, wenn der Zweig auf seine ursprünglich rechte oder linke Seitenflanke gelegt wird, so, daß die Dorsal- und Ventralseite nunmehr auf die rechte bzw. linke Seite zu liegen kommen.

Die Analyse eines so komplizierten Verhaltens ist nun besonders durch zweierlei Umstände sehr erschwert worden. Einmal gelingt es hier nicht, wie schon mitgeteilt wurde, am Klinostaten die sonderbaren Dorsalkonvexkrümmungen zu beseitigen. Dann aber läßt es sich mit dem Plagiogeotropismus deshalb nicht leicht experimentieren, weil die Bedingungen seines Auftretens leicht alteriert werden. Plagiogeotropisch sind in der Regel ja nur Seitenorgane, und zwar nur so lange, als sie im Zusammenhang mit ihrer Hauptachse stehen. Benutzen wir Seitenzweige z. B. als Stecklinge, so werden sie alsbald orthogeotrop, und dasselbe ist der Fall, wenn die Hauptachse aus ihrer normalen Lage entfernt und etwa wagerecht gelegt wird. Das sind aber Eingriffe, die der Experimentator kaum vermeiden kann!

Neuerdings (14) ist es nun geglückt, wenigstens der letztgenannten Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen, und zwar mit Hilfe einiger *Tradescantia*-arten, unserer beliebten Ampelpflanzen. Die Sprosse dieser Pflanzen hängen, wenn sie länger werden, infolge ihres Gewichtes nach unten. Junge und kleine Stecklinge, die ihre eigene Last noch tragen können, stellen sich hingegen aufrecht, doch nehmen sie stets eine zur Schwerkraft geneigte Lage ein, die bei *Tradescantia zebrina* etwa 10° , bei *T. viridis* 20° von der Vertikalen abweicht. Solche Sprosse erweisen sich in ihrem Verhalten als typisch plagiogeotropisch, und zwar behalten sie ihren Plagiogeotropismus auch als Stecklinge, von jeder Hauptachse völlig befreit, bei.

Für solche Pflanzen nun ließ sich zeigen, daß auch hier die Abweichung vom Sinusgesetz nur scheinbar ist. Auch hier werden die Schwerkraftreaktionen vom Sinusgesetz beherrscht, aber neben dem Geotropismus und unabhängig von diesem — dagegen von der Beleuchtung beeinflussbar — besitzen die Sprosse eine Eigenschaft, die man seit *de Vries* (20) als *Epinastie* bezeichnet, und die darin besteht, daß die Oberseite ein stärkeres Wachstumsbestreben besitzt als die Unterseite. Würde der *Epinastie* nicht dauernd der Geotropismus entgegenwirken, so würde sie zu einer dorsalkonvexen Einrollung der Sprosse führen und dies ist tatsächlich der Fall, wenn am Klinostaten, bei Rotation um die horizontale Achse, die einseitigen Schwerkraftwirkungen aufgehoben werden. Im selben Sinne sind die Dorsalkonvexkrümmungen, die in der Flankenstellung erfolgen, zu deuten. Auch die Lagen $+90^\circ$ und -90° (s. Fig. 3) sind geotropisch reizfrei, wie bei orthotropen Organen. In diesen Lagen entfaltet sich die *Epinastie* ungehindert, sie führt zu Dorsalkonvexkrümmungen.

⁸⁾ Die bei schneller Rotation auftretenden Centrifugalkräfte induzieren geotropische Reaktionen.

denen erst der entgegenwirkende Geotropismus Halt gebietet. So ist die normale Ruhelage eine Gleichgewichtslage, die durch das Gegeneinanderwirken dieser beiden Krümmungsimpulse hergestellt wird. Nennen wir den Winkel, den die Ruhelage mit der Vertikalen bildet, ε , so ist die Größe der Epinastie $E = G \sin \varepsilon$ (G = Wirkung der Schwerkraft auf den wagerecht liegenden Sproß). Fig. 3 stellt schematisch einige Lagen solcher Sprosse dar, wenn sie nach oben oder unten aus ihrer Ruhelage herausgedreht werden. Die Ventralseite der Sprosse ist durch eine verstärkte Kontur angedeutet. Wir sehen, daß in allen Lagen die Epinastie (E) im Sinne einer Konvexkrümmung der Dorsalseite einwirkt. In der linken

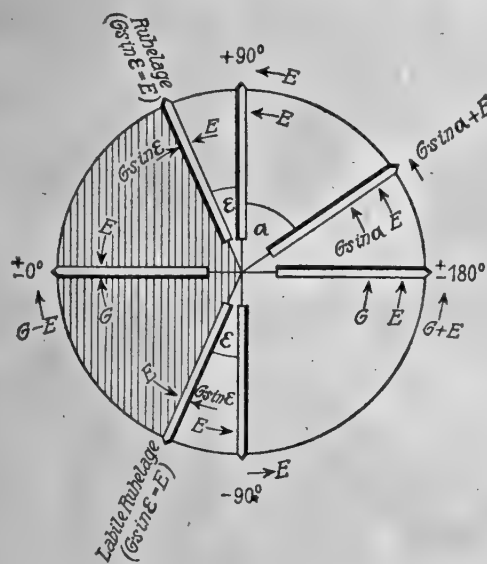


Fig. 3. Zur Einwirkung von Epinastie und Geotropismus. Aus Rawitscher (14).

Hälfte des Schemas wirkt sie dem — von dem Sinusgesetz beherrschten — Geotropismus entgegen; in der rechten Hälfte wirkt sie gleichsinnig mit ihm und verstärkt ihn. Wir sehen, daß auch hier eine labile Ruhelage besteht, die der stabilen spiegelbildlich gegenüber liegt und gleich ihr eine Gleichgewichtslage aus E und $G \sin \varepsilon$ darstellt. Nur in dem schraffierten Teile des Schemas können dorsalkonvexe Krümmungen auftreten, in dem weiß gehaltenen Teil gibt es nur dorsalkonvexe Krümmungen, in dem rechts befindlichen Halbkreis, weil Geotropismus und Epinastie beide in diesem Sinne wirken, in dem Sektor zwischen Ruhelage und $+90^\circ$ (bzw. -90°), weil hier die Epinastie den gegensinnig wirkenden Geotropismus überwiegt.

Hier haben wir an einem einfachen Beispiel

gesehen, wie in einem Pflanzenorgan verschiedene Einflüsse zusammen- und einander entgegenwirken können. Die Einflüsse in der freien Natur, die über die Reaktionen, die Wuchsform und die ganze Lebensweise der Pflanzen zu entscheiden haben, sind meist sehr zusammengesetzter Natur. Ihr Verständnis wird im selben Maße zunehmen, in dem es dem Experimentator gelingt, die Einzelnflüsse gesondert einer qualitativen und quantitativen Analyse zu unterziehen.

Literaturverzeichnis.

1. Blaauw, A. H., Die Perception des Lichtes. Rec. trav. bot. Néerlandais 1915, 12.
2. — Licht und Wachstum I, II. Zeitschr. f. Bot. 1914, 6, 1915, 7.
3. — Licht und Wachstum III. (Die Erklärung des Phototropismus) Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool 1918, 15.
4. Buder, J., Zur Kenntnis der phototaktischen Richtungsbewegungen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1918, 58.
5. — Die Inversion des Phototropismus bei Phycomyces. Ber. d. d. bot. Ges. 1918, 36.
6. Fitting, H., Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, I. II. Jahrb. f. wiss. Bot. 1905, 41.
7. Fröschel, P., Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit, I. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl. 1908, 117, Abt. I.
8. von Guttenberg, H., Studien über den Phototropismus der Pflanzen. Beitr. z. Allg. Bot. 1922, 2.
9. Hagem, O., Über die resultierende phototropische Lage bei zweiseitiger Beleuchtung. Bergens Museums Aarbook 1911, 3.
10. Kniep, H., Untersuchungen über Chemotaxis von Bakterien. Jahrb. f. wiss. Bot. 1906, 43.
11. — Botanische Analogien zur Psychophysik. Fortschr. d. Psychol. u. ihr. Anwend. 1916, 4.
12. Pfeffer, W., Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Unters. a. d. bot. Inst. Tüb. I, 1881/85.
13. Pütter, A., Studien zur Theorie der Reizvorgänge I—IV, V, VI. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie 1918/19, 171, 175, 176.
14. Rawitscher, F., Epinastie und Geotropismus. Zeitschr. f. Bot. 1923, 15.
15. Riß, M. M., Über den Einfluß allseitig und in der Längsrichtung wirkender Schwerkraft auf Wurzeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 1913, 53.
16. Rutten-Pekelharing, C. J., Untersuchungen über die Perception des Schwerereizes. Rec. d. trav. bot. néerland. 1910, 7.
17. Stark, P., Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei den haptotropischen Reaktionen von Koleoptilen und Keimstengeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 1919, 58.
18. — Das Resultantengesetz beim Haptotropismus. Ebenda 1919, 58.
19. — Das Webersche Gesetz in der Pflanzenphysiologie. Zeitschr. f. Allgem. Physiologie 1919, 18.
20. Vries, H. de, Über einige Ursachen der Richtung bilateral-symmetrischer Pflanzenteile. Arb. d. bot. Inst. Würzburg 1872, 1.
21. Vogt, E., Über den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von Avena sativa. Zeitschr. f. Bot. 1915, 7.

Besprechungen.

Younghusband, Francis, Das Herz der Natur. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1923. 234 S.

Der bekannte englische Offizier und Forschungsreisende offenbart sich in diesem Werk als ein fein-

sinniger Beobachter der Natur, der mit begeisterten und begeisternden Worten zu zeigen bestrebt ist, wie man die Befähigung, immer tiefer in das Herz der Natur zu schauen, entwickeln kann, und ein wie reicher Lohn

jedem empfänglichen Gemüt durch das Verständnis für die Schönheit der Landschaft und ihrer Lebenswelt zuteil wird. Er gibt uns meisterhafte Schilderungen aus den Himalayabezirken Sikkim und Kaschmir, beschreibt die Formen- und Farbenpracht des Waldes sowie dessen Bewohner, den Hochgipfel des Kantschinschanga und andere von ihm durchforschte Gebiete Zentralasiens. Überall stellt er in den Mittelpunkt seiner Betrachtung die Schönheit der Natur, die er als vollwertigen Bestandteil jeder geographischen Beschreibung anerkannt wissen will. Eine Ansprache als Präsident der Royal Geographical Society zu London gibt ihm dazu willkommene Gelegenheit. Er verlangt eine tieferé und breitere Erfassung der Geographie als bisher üblich. Die Geographen sollten die Erde weniger vom materiellen und mehr vom geistigen Gesichtspunkt aus betrachten. Er erläutert diese Forderung an einem bestimmten Beispiel, indem er erzählt, wie ihm als oberstem Verwaltungschef von ganz Kaschmir alles topographische, kartographische, geologische, mineralogische, botanische, forstwirtschaftliche, siedlungs- und wirtschaftsgeographische Material zuflöß, und wie ihm trotzdem der allerwichtigste Bestandteil seiner geographischen Kenntnis des Landes fremd geblieben wäre, wenn er nicht die Schönheit der Oberflächenformen und deren Einfluß auf den Menschen erkannt hätte. Die Schönheit ist nach ihm der wertvollste Charakterzug in der Gestalt der Erde. Die Aufgabe der Geographie sei deshalb dahin auszudehnen, auch die Kenntnis dieser Schönheit in ihren Rahmen aufzunehmen. Wir dürften uns nicht mit den üblichen Photographien, und seien es die allertrefflichsten, begnügen. Wir brauchen Bilder, gemalt mit Worten oder mit dem Pinsel. Charakteristisch ist die Äußerung des Verfassers über die Hochgebirgsphotographien, die Vittorio Sella, ein echter Künstler mit angeborenem Gefühl für die Bergwelt, auf der Expedition des Herzogs der Abruzzen zum zweithöchsten Berg der Erde angefertigt hatte. Trotzdem Younghusband anerkennt, daß diese prächtigen Photographien die besten sind, die hergestellt werden können, ruft er aus: „Ich möchte fast weinen bei dem Gedanken, wie wenig sie uns von dem wahren Wesen der großen Berge vermitteln.“ Er schließt mit dem Wunsche, die Geographie möge es dahin bringen, daß die Schulkinder sie lieben. Nichts Geringeres als die Gewinnung des Knabenherzens sollte das Ziel sein, dem sie zuzustreben hätte.

O. Baschin, Berlin.

Behrmann, W., Im Stromgebiet des Sepik. Eine deutsche Forschungsreise in Neuguinea. Berlin, August Scherl, 1922. 359 S., 101 Abb. und 1 Karte.

Der Verfasser nahm als Geograph an der vom Reichskolonialamt veranstalteten Expedition nach Deutsch-Neuguinea teil. Seine wissenschaftlichen Ergebnisse hat er in den Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten und anderen wissenschaftlichen Zeitschriften, zuletzt auch in einer großen, dreiblättrigen Karte niedergelegt, die in kurzem als Festschrift anlässlich des 95jährigen Bestehens der Berliner Gesellschaft für Erdkunde erscheinen wird. In dem vorliegenden Buche setzt er sich ein anderes Ziel. Er will weiteren Kreisen ein plastisch lebendiges Bild dieses entfernten und wenig bekannten, uns in der Erinnerung teuren Winkels der Erde geben, in dem die geographischen Aufgaben und ihre Lösung nur den Rahmen bilden; Wir begrüßen ein solches Werk um so mehr, als es das ganz ähnliche ergänzt, das uns vor wenigen Jahren der letzte Verteidiger der deutschen Flagge in der Südsee geschenkt hat, der tapfere Hauptmann Detzner. Führt dieser uns auf einsamen Pfaden kreuz

und quer durch den östlichen Teil der Kolonie, so dringen wir mit Behrmann auf dem natürlichen Wege des Sepikflusses in den westlichen und, den Nebenflüssen folgend, auch tief in sein gebirgiges Inneres ein, — Korallenküste, Stromufer, sumpfige Niederung, scharfgratige Gebirgsketten, mit tropischem, in den Höhenregionen nebelumlülltem, vor Nässe triefendem Urwald, geben die Szenerie ab, die Behrmanns Feder mit einem nicht jedem gegebenen Geschick zu meistern versteht. Bei der Schilderung eines Atolls beispielsweise empfindet man förmlich die ermüdende Wirkung der trägen See und der Sonnenglast wie die erfrischende der in stiller grüner Wasserfläche sich spiegelnden Palmenstillhouetten. Höchst anziehend sind die Berichte über die eingeborene Bevölkerung, die im Innern auf steinzeitlicher Kulturstufe steht, die zum erstenmal dem Weißen begegnete und von ihm mit Metall, Glas und anderen Dingen bekannt gemacht wurde, noch dem Kannibalismus huldigte. Forscherfreuden und -leiden, Mühseligkeiten und Abenteuer enthalten vor allem die Kapitel „Der große Vorstoß“ — zur zentralen Wasserheide — und „Der Überfall“. — Alles in allem, eine Reise in eines der ganz vereinzelt letzten Gebiete der Erde, wo es noch große geographische Fragen zu lösen gibt, und vielleicht das letzte Land, das der Europäer noch nicht seines ursprünglichen Zaubers beraubt hat. Ein Einwand indessen erscheint am Platze; er gilt dem Titel „Im Stromgebiet des Sepik“. Stromgebiet klingt zu einseitig fachmännisch und besagt weniger, als das Buch bietet. Sepik aber ist ein unbekannter Strom, dessen Bekanntschaft das Buch ja erst vermitteln soll. „Bei den Steinzeitkannibalen Papuas“ würde ich als dem Inhalt vollkommener gerecht werdend für die weiteren Auflagen empfehlen.

B. Brandt, Berlin.

Stechow, E., Beiträge zur Natur- und Kulturgeschichte Littauens und angrenzender Gebiete. Einleitung von E. Stechow, S. 1—7, sodann: **Sachtleben, H., Vögel**, S. 7—232. Mit 1 Tafel. 23 × 30 cm. (Abhandlungen der math.-phys. Klasse der Bayer. Ak. d. Wiss., München 1922.)

Was wohl A. E. Bruchm zu solchen Büchern sagen würde? Ob er auch heute noch über *Balgornithologen* schelten möchte? Das lag ja dem sinn- und lebensfrohen trotz seines immer neue Arten fabrizierenden Vaters gar so nahe. Und ich gestehe, daß ich in jungen Tagen nur zu bereit war, solchen Vorwürfen beizupflichten, bis ich selber einsah, wie vielseitig unsere ornithologische Wissenschaft sei und wie verdammenswert die Schwäche, um eigener Neigungen willen über fremdes Streben abzuurteilen. Durch Arbeiten wie die eines *Gengler* über *Emberiza citrinella* und *Kleinschmidts* ebenso ungeformtes wie gedankenreiches Lebenswerk *Berajah* hatte ich mittlerweile vor der „anderen Waffe“ des Ornithologenheeres gehörigen Respekt bekommen. Solchen Respekt verdient auch *Sachtlebens* Buch, das uns Ostdeutsche besonders angeht und eine wesentliche Ergänzung zu *Tischlers* gründlicher *Ornis Ostpreußens* bildet. Der Zoogeograph findet hier reichlichen Stoff zu weiterer Verarbeitung. Die Fachgenossen, die sich für die geographische Variation der *Paridae* interessieren, kämen besonders auf ihre Rechnung. Hinsichtlich mancher Arten, die man in diesem weit nach NO gerückten Gebiet besonders erwarten sollte (ich erinnere nur an die *Rotdrossel* [*Turdus musicus* L.]), findet man dagegen wieder herzlich wenig. Die geringe Variationsbreite mancher Arten, die für Neulinge in dem Gebiet gelten müssen, erinnert uns wieder daran, daß auch zum Abändern

vor allem Zeit gehören dürfte. Schade, daß die hübsche Kleibertafel unter dem Druck der ärmlichen Zeit die einzige bleiben mußte.

Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.

Jessen, Otto, Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit. Stuttgart, Ferdinand Euke, 1922. 181 S. und 29 Abbildungen. 16 × 25 cm.

Die holländische und deutsche Nordseeküste ist in steter Veränderung begriffen, die vor der Küste lagernden Sande wandern, neues Land wird gewonnen und anderes wird nur durch den hohen Stand der Wasserbaukunst davor bewahrt, wieder vom Meere überflutet zu werden. Außer den katastrophal wirkenden Sturmfluten sind auch stetig wirkende Kräfte vorhanden, welche die Küste verändern. Hiervon zeugt die langsame Umgestaltung der Inseln, welche der Küste vorgelagert sind, sowie die stete Verlagerung der Sandbänke sowie endlich, und hiervon handelt die vorliegende vortreffliche Arbeit von *Jessen*, die Veränderung, welche der Unterlauf der in die Nordsee mündenden Flüsse in historischer Zeit erfahren hat. Aus einer eingehenden sowohl auf geologischen wie historischen Betrachtungen gestützten Untersuchung des Unterlaufes der Schelde, der Maas, des Rheins, der Hunse, Ems, Jade, Weser, Elbe und Eider leitet *Jessen* den Satz ab, daß die Mündungen von sämtlichen größeren festländischen Nordseezuflüssen und auch die Gezeitentiefs in jungalluvialer Zeit innerhalb des alluvialen Marsch- und Wattengürtels nach links verlegt worden sind. Es liegt die allgemeine Erscheinung vor, daß die Verschiebung der Ufer nicht langsam erfolgte, sondern sprungweise, indem vom Hauptflusse links abzweigende Nebenarme, die entweder schon vorhanden waren oder bei Sturmfluten neugebildet wurden, zum Hauptarm umgestaltet wurden. Bei den meisten Flüssen erfolgte diese Stromverlegung in mehreren Phasen, bei einigen (Elbe und Eider) war sie nur ein einmaliger Vorgang.

Die Ursache dieser Veränderungen ist in der langsamen Änderung der Gezeitenerscheinung infolge fortgesetzter Senkung des Nordseebeckens und seiner südlichen Umrandung nach der Eiszeit zu sehen. Zunächst, als der Kanal noch nicht bestand, hatten die Gezeiten nur von Norden her Zutritt zum Nordseebecken. Nach Entstehung der zweiten Verbindung der Nordsee mit dem Ozean durch den Kanal änderte die Kanalwelle den bestehenden Gezeitencharakter durchaus. Es trat nun nicht mehr Hoch- und Niedrigwasser an der ganzen südlichen Nordseeküste annähernd gleichzeitig ein, sondern es bildete sich langsam der heutige Zustand heraus, daß mit Annäherung an den Kanal Hoch- und Niedrigwasser früher eintreten. Durch diese Änderung mußte also in dem links vom Hauptarm gelegenen Nebenarm der Flüsse Flut bzw. Ebbe früher einsetzen als im Hauptarm, wodurch allmählich eine Vertiefung und Verbreiterung eintrat und schließlich der Nebenarm zum Hauptarm wurde. In gleichem Sinne erfolgten die Änderungen im Verlaufe der Prielsysteme und Wattenflächen.

Außer dem genannten wichtigen Satz von allgemeiner Bedeutung enthält die Arbeit von *Jessen* noch eine Reihe von bemerkenswerten Ergebnissen über die Beurteilung der Erosionskraft der Gezeitenströme, die Entstehung der Trichtermündungen an Gezeitenküsten, den Einfluß der Erdrotation auf die Änderung der Flußmündungen usw.

Die Arbeit von *Jessen* ist eine bemerkenswerte Erscheinung in der die Nordseeküste behandelnden Literatur.
Bruno Schulz, Hamburg.

Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Sammlung: Die Wissenschaft Bd. 66. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., 1922. VIII, 144 S., mit 44 Abbildungen. 13 × 21 cm.

Schon die Tatsache, daß von dem Wegenerschen Buche in kurzer Zeit die dritte Auflage erforderlich wurde, zeigt, wie groß das Interesse ist, das der von *Wegener* vertretenen Verschiebungstheorie entgegengebracht wird (eine ausführliche Behandlung der Verschiebungstheorie ist in dieser Zeitschrift 1921, S. 241 bis 250, gegeben). In zahlreichen wissenschaftlichen Gesellschaften ist sie im Laufe der letzten Jahre diskutiert worden. In dieser Beziehung dürfte wohl der im Schoße der Gesellschaft für Erdkunde veranstaltete Vortragsabend den Höhepunkt darstellen. Auf diesem äußerten sich *Franz Köpcke*, *L. Penck*, *W. Penck*, *W. Schuydar* ausführlich zu den Wegenerschen Ideen. — Neben mancher Ablehnung hat die Verschiebungstheorie von verschiedenen Seiten teilweise oder volle Zustimmung gefunden. Jedenfalls hat sie seit Erscheinen der vorigen Auflage erheblich an Boden gewonnen und wird immer mehr als Arbeitshypothese benutzt.

Ihr neue Anhänger zu gewinnen, wird die nun vorliegende dritte Auflage voraussichtlich in starkem Maße beitragen. Der Inhalt der Theorie ist naturgemäß der gleiche geblieben, aber die Darstellung hat an Straffheit, Klarheit und Überzeugungskraft wesentlich gewonnen. Der Inhalt ist jetzt systematischer als früher gegliedert. Vorangestellt ist der bislang über das ganze Buch verstreute „Inhalt der Verschiebungstheorie“. Hieran schließt sich der umfangreiche zweite Teil, die „Beweisführung“, in dem in einzelnen gesonderten Kapiteln die der Geophysik, Geologie, Paläontologie und Biologie, Paläoklimatologie sowie der Geodäsie angehörigen Argumente behandelt sind. Wie früher handelt es sich nicht um exakte Beweise, sondern um Argumente, die jedes für sich einen erheblichen Grad von Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Theorie liefern. Je überzeugender diese Fülle von Einzelargumenten wirkt, um so mehr muß man wünschen, daß energische Schritte getan werden, um die Tatsache der heute noch stattfindenden Verschiebung der Kontinente durch geodätische Messungen nachzuweisen. Die vorübergehend als exakter Beweis angesehenen Messungen über die Vergrößerung des Abstandes zwischen Europa und Grönland halten der Kritik leider noch nicht stand.

In einem dritten Abschnitte: Erläuterungen und Schlußfolgerungen werden Betrachtungen über die Natur des Sial und Sial, der Falten, Erscheinungen am Kontinentalrand vom Standpunkte der Verschiebungstheorie angestellt und die bisher gewonnenen Ansichten über die Kräfte, welche die Verschiebungen bewirken, geäußert.
Bruno Schulz, Hamburg.

Suckow, Fr., Die Landmessung. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1919. 116 S. und 69 Abbildungen.

Lüscher, H., Photogrammetrie. Ebenda, 1920. 128 S. und 78 Abbildungen.

Hegemann, E., Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Ebenda, 1919. 127 S. und 11 Abbildungen.

Groll, M., Kartenkunde. Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter & Co., 1922. 116 S. und 56 Abbildungen.

Wolff, H., Karte und Kroki. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1917. 57 S. und 47 Abbildungen.

Egerer, A., Kartenkunde. Ebenda, 1920. 146 S. und 49 Abbildungen.

Die höhere Geodäsie beschäftigt sich mit der Erdmessung und hat vorzugsweise wissenschaftlichen Wert, während die niedere Geodäsie sich auf beschränkte Gebiete erstreckt und mehr praktischen Zwecken dient. Einen guten Überblick über den letzteren Zweig der Vermessungskunde, Instrumente, Aufnahmefethoden und Berechnungsarten bringt die Arbeit von *Friedrich Suckow* „Die Landmessung“ (Aus Natur und Geisteswelt, 608. Band). Das Werk gibt eine Einführung, die es dem Laien und jüngeren Fachmann ermöglicht, sich über das Gebiet zu unterrichten, erhebt aber nicht den Anspruch, ein vollständiges Handbuch für den ausübenden Landmesser zu sein. — Die photographischen Methoden haben schnell Eingang in das Vermessungswesen gefunden, sowohl als einfache Bildmessung (Photogrammetrie), wie als Raumbildmessung (Stereophotogrammetrie) und Luftbildmessung (Luftphotogrammetrie). Namentlich die letztere hat durch die praktischen Bedürfnisse des Weltkrieges einen raschen Aufschwung erfahren, da die Auswertung der Luftbilder bei der Ergänzung des Kartenbildes und der Ausfüllung von Lücken in der terrestrischen Aufnahme wertvolle Dienste leistet. *H. Lüscher* gibt eine kurz gefaßte Übersicht über dieses Gebiet vom Standpunkt des Ingenieurs in dem Werk „Photogrammetrie (Einfache, Stereo- und Luftphotogrammetrie)“ (Aus Natur und Geisteswelt, 612. Band). — Eine wichtige Ergänzung zu beiden Schriften bildet das Buch von *Ernst Hegemann* „Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate“ (Aus Natur und Geisteswelt, 609. Band). Es erläutert die entwickelten Formeln durch zahlreiche Beispiele, die zumeist der Geodäsie entnommen sind.

Der praktischen Benutzung zugänglich gemacht werden die Resultate der Vermessung am übersichtlichsten in der Landkarte. Die bewährte „Kartenkunde“ von *M. Groll* erscheint in zweiter Auflage bearbeitet von *Otto Graf*. Der erste Band gibt eine Darstellung der Projektionen, während der zweite die Abschnitte über Methoden der Kartenaufnahme, Karteninhalt in Situation, Schrift und Gebirgsdarstellung, Kartenzeichnen, Reproduktionsverfahren, Messen auf Karten, sowie eine Geschichte der Kartographie enthält. Leider haben die seit der ersten Auflage gemachten Fortschritte der Kartenkunde fast gar keine Berücksichtigung gefunden.

Auf sehr gedrängtem Raume gibt *H. Wolf* unter dem Titel „Karte und Krok“ (Mathematisch-physikalische Bibliothek, herausgegeben von *W. Lietzmann* und *A. Witting*, Bd. 27) einen Überblick über alle Arbeiten, die zur Herstellung einer Karte nötig sind. — In sehr klarer, gemeinverständlicher Form bietet *A. Egerer* im ersten Band seiner „Kartenkunde“ (Aus Natur und Geisteswelt, 610. Band) eine ausführliche Einführung in das Kartenverständnis, die sehr richtig

von den Originalaufnahmen im Maßstabe 1:25 000 ausgeht und sowohl zum Unterricht wie zum Selbststudium in hervorragendem Maße geeignet ist. Man merkt der Arbeit auf jeder Seite an, daß hier die Ergebnisse einer Lebensarbeit in ansprechender, zuverlässiger und praktisch verwendbarer Form geboten werden.

O. Baschin, Berlin.

Roth, W. H., und K. Scheel, Konstanten der Atomphysik. Unter besonderer Mitwirkung von *E. Regener*. Berlin, Julius Springer, 1923. 114 S. 19 × 27 cm. Gebunden Grundzahl 8.

Dieser 114 Seiten umfassende Band stellt einen Sonderdruck aus der demnächst erscheinenden 5. Auflage der Physikalisch-Chemischen Tabellen dar, welche früher von *Landolt* und *Börnstein* herausgegeben wurden, während sich jetzt außer diesen Namen noch die von *Roth* und *Scheel* auf dem Titelblatt finden. Er enthält in seinen Tabellen die Atomgewichte, die Anordnung der Elemente im periodischen System, eine Übersicht über die bisher nachgewiesenen Fälle von Isotopie, und was über die radioaktiven Elemente bekannt ist (Halbwertszeit, ausgesandte Strahlenart und deren Geschwindigkeit, Wärmeentwicklung), sowie das auf Grund radioaktiver Daten geschätzte Alter der Mineralien. Es folgen Tabellen für Konstanten, die in der Gastheorie eine Rolle spielen, wie die Loschmidt'sche Zahl, die Geschwindigkeit, freie Weglänge und die gaskinetisch bestimmten Moleküldimensionen. Weitere Tabellen bringen die Messungen über das elektrische Elementarquantum und die spezifische Ladung des Elektrons. Dann kommen die Strahlungskonstanten einschließlich des Planckschen h an die Reihe. Die umfangreichste Gruppe von Tabellen beschäftigt sich mit den Spektren, vom Ultrarot bis zu den Röntgenstrahlen. Dann folgt eine Übersicht über die bisherigen röntgenographischen Bestimmungen von Kristallstrukturen und eine Reihe von Angaben über das Verhalten der Ionen in Gasen (Beweglichkeit, Wiedervereinigung, Diffusion usw.). Eine Tabelle behandelt den Geschwindigkeitsverlust und die Absorption, welche Elektronen beim Durchgang durch Materie erleiden, und den Schluß bilden zwei Tabellen für die langwellige Grenze und das Resonanzmaximum des lichtelektrischen Effektes.

Zusammengestellt sind diese Tabellen von Forschern, deren jeder für das betreffende Gebiet Bedeutendes geleistet hat; das verbürgt die verständnisvolle und sorgsame Auswahl der Zahlenangaben. *Z. B.* hat *Paschen* die Terme im optischen Gebiet, *Gehrcke* die Wellenlängen der zu Normalen gewählten Spektrallinien bearbeitet.

Das Buch befriedigt ein lange und tief gefühltes Bedürfnis. Die in ihm niedergelegte Arbeit dürfte sich, so groß sie ist, durch die Erleichterung, die es für jeden auf dem Gebiet der Atomphysik Arbeitenden bringt, reichlich bezahlt machen.

M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Seriendarstellung des Gold-Bogenspektrums.

Während man seit langer Zeit gewußt hat, daß ein Teil der Spektrallinien von Kupfer und Silber in ein gewöhnliches Dublettspektrum eingeordnet werden kann, hatte man für das Spektrum des mit diesen Elementen verwandten Goldes bisher keine Seriendarstellung. Auch stimmen die Angaben der verschiedenen Beobachter, von denen hauptsächlich *Kayser* und

Runge (Wied. Ann. 46, 1892); *Eder* und *Valenta* (Atlas typischer Spektren) und *M. Quincke* (Zeitschr. für wiss. Phot. 14, 1915) genannt werden müssen, betreffend die Zuordnung der gemessenen Linien zum Goldspektrum nicht besonders gut untereinander überein. Bei allen diesen Messungen haben ferner die Goldlinien eine relativ schwache Intensität. Da es hiernach schwierig scheint, die notwendigen physikalischen Be-

dingungen für eine kräftige Lichtemission der Goldatome herzustellen, habe ich eine Reihe von Photographien des Goldspektrums mit lichtstarken Quarzprismenspektrographen aufgenommen. Auf diese Weise ist es gelungen, eine Reihe von neuen Goldlinien aufzufinden, die zusammen mit bereits bekannten Linien in eine scharfe und eine diffuse Serie eingeordnet werden konnten.

Die Aufnahmen der Photographien wurden in der üblichen Weise vorgenommen, indem ein wenig reines Gold in die ausgebohrte positive Kohlelektrode einer Bogenlampe gebracht wurde, die mit einer Spannung von 220 Volt und einer Stromstärke von ca. 6 Amp. brannte. Für das Gebiet von $\lambda = 8000$ Å. E. bis $\lambda = 3400$ Å. E. wurde der größte Hilger Quarzspektrograph (Typus E_1), für das Gebiet von $\lambda = 3400$ Å. E. bis $\lambda = 2000$ Å. E. der mittlere (Typus E_2) benutzt. Mit diesen Apparaten ist eine Expositionszeit von 2 bis 4 Minuten hinreichend, um ein in allen Einzelheiten entwickeltes Bild zu geben. Bei der Ausmessung der Platten ist ein Eisenspektrum zum Vergleich benutzt und außerdem ist jeder Aufnahme des Goldspektrums ein Spektrum der verwendeten Kohlenorte hinzugefügt, um leichter sehen zu können, welche Linien der Verunreinigungen der Kohle zugehören.

Die Grundlage für die Seriendarstellung wird von den drei Dubletts gebildet $\lambda = 2676$ (10 R) und 2428 (10 R), $\lambda = 7510$ (6) und 5837 (6) und $\lambda = 4811$ (4) und 4065 (6), die alle denselben Abstand in Wellenzahlen haben, nämlich 3816. In einfacher Analogie zum Kupfer- und Silberspektrum war es natürlich das erste Dublett als $1s - 2p_i$ ($i = 1, 2$), das zweite als $2p_i - 2s$ und das dritte als $2p_i - 3d_i$ zu deuten. Die letztere Annahme wird ferner durch das Vorhandensein der Linie $\lambda = 4792$ (8) bestätigt, die als Kombination $2p_1 - 3d_1$ zu deuten ist. Schon dadurch war ja der ungefähre Wert der Seriengrenzen und der Spektraltermen bestimmt, und es erwies sich nun als leicht, 8 Dubletts mit derselben Wellenzahldifferenz teils aus bekannten, teils aus neuen Goldlinien in ein Serienschema einzuordnen.

Die nebenstehenden Tabellen enthalten die scharfe und diffuse Serie des Goldspektrums: λ ist die Wellenlänge (Rowl. Syst., Luft), ν die Wellenzahl (gleichfalls Rowl. Syst., Luft), $\delta\nu$ die Dublettdifferenz, J die Intensität, während unter ms bzw. md die Werte der Spektraltermen und unter n die der effektiven Quantenzahl angegeben sind, deren Quadrat, in den Nenner der Rydbergschen Formel eingesetzt, den Wert des Spektraltermes ergibt. Die neuen Linien sind durch einen * bezeichnet. Tabelle I enthält die scharfe Serie, deren Verlauf ziemlich regelmäßig ist; sie schien mir als zu einer vorläufigen Bestimmung der Seriengrenzen am besten geeignet. Die diffuse Serie in Tabelle II zeigt eine etwas ungleichmäßigere Anordnung der Rydbergrennen, aber deren Abweichung vom normalen Verlauf hält sich doch immer innerhalb enger Grenzen.

Aus früheren Messungen des Zeemaneffektes der Goldlinien (W. Hartmann, Dissert. Halle 1907) geht hervor, daß $\lambda = 5837$ die für eine p_2s -Kombination typische Aufspaltung zeigt, während $\lambda = 4811$ und $\lambda = 4792$ bzw. wie p_1d_2 - und p_1d_1 -Kombination aufgespalten werden. Dies stimmt genau mit der Stellung dieser Linien in den obenstehenden Serien überein.

Der Zeemaneffekt der übrigen Linien ist nicht bekannt.

Tabelle I.
Scharfe Serie des Goldspektrums.
 $2p_1 = 33242$ $2p_2 = 37058$

λ	J	ν	$\delta\nu$	ms	n
— 2428,06	10 R	— 41 185,2			
— 2676,05	10 R	— 37 368,5	3816,7	74 510	1,213
7510,97	6	13 313,9			
5837,64	6	17 130,2	3816,3	19 928	2,345
4241,99	4	23 573,8			
*3650,89	3	27 390,6	3816,8	9666	3,369
*3634,75	2	27 512,2			
*3192,04	1	31 327,9	3815,7	5729	4,376
*3395,66	1	29 449,4			
*3006,02	1/2	33 266,6	3816,2	3791	5,380
*3270,35	1/2	30 577,8		2664	6,418

Tabelle II.
Diffuse Serie des Goldspektrums.
 $2p_1 = 33242$ $2p_2 = 37058$

λ	J	ν	$\delta\nu$	md	n
4811,82	5	20 782,3			
4792,79	8	20 864,7	82,4	12 457	2,970
4065,22	6	24 598,9	3816,6	12 377	2,976
*3802,12	1	26 301,1			
*3795,91	4	26 344,1	43,0	6940	3,975
3320,32	2	30 117,6	3816,5	6898	3,988
*3471,92	1	28 802,5			
3467,19	3	28 841,3	39,3	4439	4,970
*3065,71	1	32 618,9	3816,4	4399	4,994
*3312,53	1/2	30 188,4			
3308,43	2	30 225,9	37,5	3053	5,994
*2940,87	1	34 003,6	3815,2	3015	6,030
*3225,92	1/2	30 998,9			
*3222,19	1	31 034,8	35,9	2239	7,000
*2872,02	1/2	34 818,7	3819,8	2207	7,050

Es ist nun hauptsächlich noch die Aufgabe zurückgeblieben, die Hauptserie des Goldes, die Absorptionsserie, zu bestimmen. Diese Aufgabe ist aber etwas schwieriger, da das zweite Glied der Hauptserie bereits bis ca. 1600 Å. E. gerückt ist, so daß man einen Vakuum-spektrographen benutzen muß. Eine Untersuchung dieser Art ist begonnen.

Kopenhagen, den 19. Mai 1923, Universitets Institut for teoretisk Fysik. V. Thorsen.

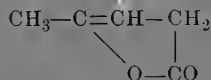
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ranunkelöl und Anemonin. Unterwirft man die Blätter, Blüten und unreifen Früchte von *Ranunculus japonicus* Langed. oder *Ranunculus sceleratus* L. zur Zeit der vegetativen Entwicklung — im Mai — der Destillation mit Wasserdampf, so erhält man ein Destillat, aus dem sich das *Ranunkelöl* extrahieren läßt. Es hat das Interesse der Chemiker wegen seiner unangenehmen physiologischen Eigenschaften auf sich gezogen; denn es reizt die Schleimhäute stark und erzeugt einen schmerzhaften, schwer zu heilenden Brand. Durch bloßes Aufbewahren wandelt es sich merklicherweise in das schön kristallisierende Anemonin um, das seinerseits einen indifferenten Stoff vorstellt.

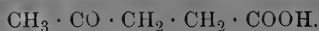
Über das Anemonin liegt nach verschiedenen Anläufen älterer deutscher Chemiker aus neuerer Zeit eine umfassende Untersuchungsreihe des Japaners *Yasuhiko Asahina* vor, die etwa im Jahre 1914 beginnt und zum größten Teil in die Zeit des Weltkrieges fällt. Sie ist so charakteristisch für die moderne biologische Chemie, daß sie hier eine kurze Betrachtung verdient, um so mehr als ihre letzte Zusammenfassung in einer neuen japanischen Zeitschrift erschienen ist, die den meisten deutschen Kollegen schwer zugänglich sein dürfte.

Die Ansichten über die Beziehung des Anemonins zum Ranunkelöl gehen bei verschiedenen Forschern stark auseinander; vielleicht ist die Tatsache außer Acht gelassen worden, daß kristallisiertes Anemonin im Gegensatz zum flüssigen Ranunkelöl nicht mehr mit Wasserdämpfen flüchtig ist. Dies brachte *Asahina* auf den Gedanken, daß Anemonin gar nicht als solches in der Mutterpflanze vorkommt, sondern erst ein sekundäres Veränderungsprodukt ist. In der Tat sind die Ausbeuten an Anemonin ganz abhängig von der Behandlung des Ranunkelöls. Sie betragen im Maximum 8 g aus 40 kg frischem Kraut.

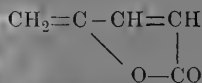
Asahina geht von der Ansicht aus, daß Anemonin, dem die Formel $C_{10}H_{16}O_4$ zukommt, aus einer einfachen Muttersubstanz entsteht, die im Ranunkelöl enthalten ist und die er Protoanemonin nennt. Durch spontanen Zusammentritt zweier Moleküle dieser Urschubstanz von der Formel $C_5H_8O_2$ soll das Anemonin entstehen. Den Beweis hierfür zu erbringen war wegen der schon erwähnten lästigen physiologischen Eigenschaften mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Es glückte jedoch auf einem Umwege und konnte auch durch synthetische Versuche gestützt werden. Durch partielle Hydrierung gewinnt man nämlich ein angenehmer zu verarbeitendes Dihydroprodukt, das sich als identisch erwies mit dem Angelacton:



und das bei alkalischer Verseifung Lävulinsäure, d. i. eine Ketosäure mit fünf Kohlenstoffatomen, liefert:

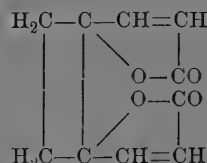


Es liegt also tatsächlich ein Kohlenstoffskelett von nur fünf Atomen vor. Die Formel des Protoanemonins selbst konnte *Asahina* durch Totalsynthese sicherstellen:



Anemonin wäre demnach als dimeres Kondensationsprodukt des Protoanemonins zu betrachten. Wie hat

man sich aber in ihm selbst die Atombindungen zu denken? Offenbar geschieht diese auf Kosten der Doppelbindungen. Das Verhalten verschiedener Derivate veranlaßte *Asahina* zur Aufstellung folgender Strukturformel:



In ihr ist also die extrazyklische Doppelbindung des Protoanemonins für die Polymerisation verbraucht worden und ein Viererring entstanden, der in der Kombination mit den ungesättigten Seitenketten ähnlich einem System mit konjugierten Doppelbindungen einen äußerst reaktionslustigen Körper vorstellt. Bei seiner katalytischen Reduktion bleibt die Struktur erhalten und es bildet sich eine gesättigte karbozyklische Verbindung, das Tetrahydroanemonin.

Bei der stufenweisen Hydrierung jedoch öffnet sich der Ring und es entsteht, gleichfalls unter Aufnahme zweier Moleküle Wasserstoff, als Endprodukt Sebacinsäure ($\text{COOH}-(\text{CH}_2)_8-\text{COOH}$). Auch damit ist der Beweis erbracht, daß bei der Polymerisation des Protoanemonins eine neue Kohlenstoff-Kohlenstoffbindung entstanden ist.

Im übrigen sind das Anemonin und seine beiden Hydrierungsstufen durch große Umsetzungslust unter strukturellen Verschiebungen ausgezeichnet, die nur kurz angedeutet seien, da Einzelheiten zu weit führen würden.

Bei der sauren Verseifung des Dihydroanemonins resultiert eine gesättigte Diketosäure, die Anemonol-säure oder Dillävulinsäure. Wässriges Alkali läßt dagegen eine ungesättigte 1,4-Diketo-dicarbonsäure, die Anemoninsäure, entstehen, die zu mannigfaltigen Reaktionen geneigt ist. Alkoholisches Alkali liefert eine isomere gleichfalls ungesättigte saure Substanz, die Anemonsäure. Und damit ist die Schilderung der Verwandlungsmöglichkeiten noch lange nicht erschöpft, denn auch vom Tetrahydroderivat leitet sich eine Serie interessanter Produkte her, von denen manches noch dazu bestimmt scheint, der strukturellen Aufklärung dieses Gebietes zu dienen.

Schon diese kurzen Ausführungen dürften zeigen, welchem Zaubergarten von Verbindungen wir hier gegenüberstehen, die doch alle auf eine so einfache Verbindung mit fünf Kohlenstoffatomen und wenigen Substituenten zurückgehen. Es gehört selbst bei diesen Körpern schon eine ausgezeichnete Experimentierkunst dazu, um des Spieles der Affinitäten Herr zu werden. Aber das Interesse an *Asahinas* Arbeiten, dessen Beweisführung geradezu einen bestrickenden Reiz der Wahrscheinlichkeit trägt, ist damit nicht etwa erschöpft. Der Forscher hat Licht in ein Gebiet gebracht, das mit zahlreichen biologisch wichtigen Körperklassen in Beziehung stehen dürfte. Die 5-Kohlenstoffzahl, die beiden Doppelbindungen im Verein mit der Polymerisationsneigung des Protoanemonins erinnern an das Isopren und Kautschuk — auch hier macht ja die Polymerisation nicht bei zwei Molekülen halt. — Die leichte Bildung von Lävulinsäure verleitet zu Spekulationen in das Gebiet der Kohlenhydrate. Die Kohlenstoffanzahl und der Kohlenstoffzyklus des Anemonins läßt einen Zusammenhang mit der Terpenchemie konstruieren.

Manche Ähnlichkeit weist das Gebiet auch mit der Chemie der Glucale auf. In beiden Fällen bringt die Kombination von Doppelbindung und Sauerstoffbrücke umsetzungslustige Gebilde hervor, die leicht weitgehenden Strukturveränderungen anheimfallen. Ein gewisser Reiz liegt darin, daß gerade *Asahina* diese Körperklasse erschließt, er, der vor etwa einem Jahrzehnt durch Auffindung des Styraeits die Glucalarbeiten *Emil Fischers* indirekt angeregt haben dürfte.

Herbert Schotte, Dresden-Berlin.

Neue Anschauungen über die wirksamen Kräfte bei gebirgsbildenden Vorgängen. Bisher betrachtete man die Kontraktion der Erde durch langsame Erkaltung als alleinige und ausreichende Ursache für die Entstehung und Aufkaltung von Gebirgen. Diese Theorie, welche den Vorzug hatte, eine großzügige und einheitliche Mechanik allen Prozessen der Gebirgsbildung zugrunde zu legen, ist jedoch auf so erhebliche Schwierigkeiten physikalischer und geologischer Art gestoßen, daß sie heute nur noch von wenigen Forschern unbeschränkt angenommen wird. Bei den Bestrebungen, unter Ablehnung der Allgemeingültigkeit der Kontraktion, die Kräfte aufzuzeigen, welche den Mechanismus der Gebirgsbildung regulieren, hat man zwei Wege eingeschlagen. Auf dem ersten sucht man den Sitz dieser Kräfte unterhalb der festen Erdrinde, in der plastischen oder flüssigen Zone, deren Bewegungen sich die feste Oberfläche nur passiv anpaßt. Der innere Kräftehaushalt der Erde wäre demnach für die Gebirgsbildung verantwortlich zu machen. Auf dem anderen sucht man die Verschiebungen der Oberfläche, welche die Gebirgsbildung anzeigt, durch Kräfte zu erklären, welche in der starren Erdrinde selbst lokalisiert sind. Die Aktivität dieser könnte aber nur in ihren relativen Massen- und Schwereverhältnissen begründet sein und als Funktion der Lage von Pol und Äquator betrachtet werden; in letzter Linie würde also diese Auffassung die Gebirgsbildung auf kosmische Ursachen zurückführen.

Als Versuch einer Lösung des Problems in der erstgenannten Richtung ist eine bemerkenswerte Arbeit von *Schwinner* (Gebirgsbildung und Vulkanismus, Zeitschr. f. Vulkanologie 1919) zu betrachten. Der Ursprung der Kraft ist nach ihm in der „Tektonosphäre“, der äußeren Schale der Erde, welche vom Nickeleisenkern unabhängig ist, zu suchen; und zwar kommt dabei nicht ihr äußerer, erkalteter und fester, sondern ihr innerer plastischer Teil in Frage, deren obere Grenze in etwa 120 km zu suchen wäre. Die Ursache der Kraftentwicklung besteht in thermodynamischen Vorgängen, insbesondere in der instabilen Wärmeschichtung. Das erkennt man am besten an der Hand einer analytischen Betrachtung. Denken wir uns eine Flüssigkeitssäule, in der Druck und Temperatur nach der Tiefe zunehmen. Man nehme innerhalb dieser Säule ein Teilchen und versetze es in ein höheres Niveau. Infolge Druckentlastung dehnt es sich hierbei aus und wird dadurch kälter. Nun sind drei Fälle denkbar: 1. das Teilchen wird auf die Temperatur der Umgebung abgekühlt, es besitzt also auch seine Dichte; zu einer weiteren hydrostatischen Bewegung ist kein Anlaß vorhanden und die Wärmeschichtung ist indifferent. Die Temperaturdifferenz beider Niveaus, in Zentimeter pro Wärmeeinheit gemessen, wird als kritischer Gradient bezeichnet. 2. Das Teilchen wird kühler, also auch dichter, als die Umgebung, und sinkt infolgedessen auf das ursprüngliche Niveau herab; die Wärmeschichtung ist stabil, der Gradient ist kleiner

als der kritische. 3. Das Teilchen ist wärmer, also auch leichter als die Umgebung und muß daher weiter steigen; die Wärmeschichtung ist instabil, der Gradient höher als der kritische, vertikale Konvektionsströme können entstehen. Es ist einleuchtend, daß sich in der plastischen Erdsphäre eine instabile Wärmeschichtung entwickeln kann; den Grund dazu liefert der Wärmeverlust an der Oberfläche durch Ausstrahlen in den Welt-raum. Dadurch steigt der Wärmegradient und thermische Strömungen können sich entwickeln. Sie entstehen dann nach Analogie der Strömungen im Luftraum; die gegen den Erdmittelpunkt absteigenden Ströme kann man als Zyklone, die aufsteigenden als Antizyklone bezeichnen. Die Zyklone erzeugen unter der starren Erdrinde einen Materialverlust, in dieser einen Materialüberfluß, der durch Stauung oder Faltung beseitigt wird. Ihre Lage wird an der Oberfläche durch die schmalen Gürtel von Faltengebirgen bezeichnet; wir haben hier die mechanische Erklärung für die Verschluckungs-zonen *Amperers*. Die Antizyklone führen der Oberfläche heißes Material zu; sie sind also in der Erdrinde ein Gebiet der Zerrung und der vulkanischen Ausbrüche. In dem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang von Gebirgsbildung und Vulkanismus kann man einen Hinweis auf die Gültigkeit des Prinzips sehen, wenn auch die Vorgänge im einzelnen nicht ganz so schematisch verlaufen dürften. Zwischen dem zyklonalen und antizyklonalen Gebiet vermitteln horizontale Ausgleichsströmungen, denen oberflächlich die großen Kontinentalschollen — die Füllmassen — entsprechen. Die Erdrinde wäre demnach tektonisch passiv; sie reproduziert nur indirekt die Bewegungen des plastischen Untergrundes, mit welchem sie durch eine Art „Reibungskoppelung“ verbunden ist. Die entstehenden Wärmeströme würden sich allerdings allmählich durch Ausgleich selbst aufheben, was mit den relativ kurzen gebirgsbildenden Perioden gut übereinstimmt. Der gesamte Energiehaushalt der „Tektonosphäre“ würde, so verstanden, eine großzügige Einheitlichkeit besitzen und mit den Gesetzen der Thermodynamik durchaus im Einklang stehen.

In den horizontalen Ausgleichsströmungen unter den kontinentalen Füllmassen könnte man die Ursache für die von *Wegener* behaupteten Kontinentalverschiebungen sehen. Doch ist hier auch ein anderer Weg denkbar, der den starren Rindenschollen eine mehr aktive Rolle zuerkennt. Ganz neuerdings hat *Köppen* die einschlägigen Überlegungen auf Grund von eigenen Studien und denen *Schwendars*, *Lamberts* und *Epsteins* zusammengestellt (Geol. Rundschau Bd. XII, Nr. 6, 8, 1922). Die Zentrifugalkraft ist am Äquator größer als am Pol, die Anziehung zum Mittelpunkt ist am Pol am größten. Die Flächen gleicher Schwere liegen mithin am Äquator weiter auseinander als am Pol. Da man nun annimmt, daß die leichteren Kontinentalschollen auf schwerer plastischer Unterlage schwimmen, so muß ihr Schwerpunkt in einem höheren Schwereniveau liegen, als der Ansatzpunkt ihres Auftriebs, der mit dem Schwerpunkt der von ihnen verdrängten Flüssigkeit zusammenfallen dürfte. Es resultiert daraus eine kleine Komponente, die die Kontinente nach dem Äquator zutreibt — die Polfluchtkraft. Diese Kraft ist in den mittleren Breiten am größten, am Pol und Äquator gleich Null. Es wäre darin eine Erklärung für die Lage der Faltengebirge der Alten Welt in mittleren Breiten zu sehen. Neben der Polfluchtkraft nehmen *Wegener* und *Köppen* noch eine Wärmestromkraft an.

Bewegung an, die nach *Schweydar* in der treibenden Kraft der Präzession liegt, d. h. in dem Bestreben der Kontinente, um eine Achse zu rotieren, die von der allgemeinen Erdachse abweicht. Auch hierfür sind geophysikalische Beweise möglich, ja, die Westbewegung dürfte sogar größer sein als die Polfluchtkraft. *Wegeners* Theorie der Abtrennung von Amerika und Europa und von der „Westtrift“ aller Kontinente fände hier eine Erklärung. Daß die oft behaupteten Polverschiebungen mit diesen Bewegungen zusammenhängen, ist wahrscheinlich, aber im einzelnen noch schwer aufzuzeigen.

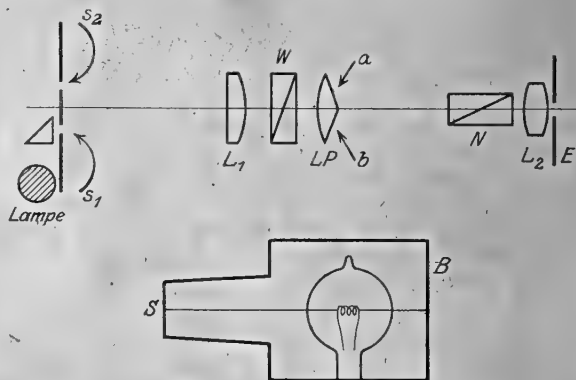
Es treten uns also in jüngster Zeit wieder zwei Lösungsversuche des Problems der Gebirgsbildung entgegen, von denen der eine der starren Erdrinde eine passive, der andere eine mehr aktive Rolle zuweist. Die geophysikalische Möglichkeit beider Prozesse ist zuzugeben; dem Verfasser scheint es aber, daß die Größenordnung der Polflucht und „Westtrift“ geringer ist, als die der thermodynamischen Kräfte und daß diesen daher wohl die größere Bedeutung zuzusprechen ist. *S. von Bubnoff, Breslau.*

Die Photometrie von optischen Instrumenten.

(*J. Guild*, The Photometry of Optical Instruments. Transactions of the Optical Society 23, 1921—22, Nr. 3, S. 205—216.) Das vom Verfasser in der optischen Abteilung des National Physical Laboratory ausgearbeitete Verfahren zur Photometrierung von beliebigen optischen Instrumenten beruht auf dem Satz — der, wie hier hinzugefügt sei, von *E. Abbe* herrührt —, daß das Verhältnis der spezifischen Intensität¹⁾ eines Bildes zur spezifischen Intensität des Gegenstandes unabhängig ist von der Vergrößerung. Dieses Verhältnis hängt vielmehr nur von den Lichtverlusten durch Reflexion und Absorption ab. Durch eine kleine Abänderung eines Wannerschen optischen Pyrometers gelang es, ein tragbares Photometer zu erhalten, mit dem außer der Lichtdurchlässigkeit eines optischen Instruments auch die Verschiedenheit der Beleuchtungsstärke im Gesichtsfeld eines optischen Instrumentes bequem gemessen werden kann. Die benutzte Ausführungsform des Wannerschen optischen Pyrometers sieht grundsätzlich so aus wie ein Koenig-Martensches Polarisationsphotometer; es sind lediglich das Rotfilter und die Linse weggefallen, welche sonst dazu benutzt wird, um ein Bild der pyrometrisch zu messenden glühenden Masse in der Ebene des Doppelkeils zu entwerfen. An Stelle der Temperaturskala ist nun ein Teilkreis zur Ablesung der Nikollstellungen getreten; es wird das Mittel aus den vier Stellungen des Nikols genommen, für welche die beiden Keilhälften gleich hell erscheinen. Hinzugekommen ist am Eintrittende des Photometers eine Viertelwellenlängenplatte (aus Selenit), welche dauernd so eingestellt werden kann, daß auch für den Fall einer teilweisen Polarisation des Lichtes infolge des Durchgangs durch das optische Instrument die Lichtdurchlässigkeit unabhängig ist von der Stellung der Photometerhauptschnitte zur Ebene der (teilweisen) Polarisation im optischen Instrument. Am Okularende wird ein Grünfilter (Wratten Nr. 57) ein-

geschaltet, da der Durchlässigkeitsfaktor für grünes Licht praktisch die größte Bedeutung hat.

Die eine Öffnung s_1 des Photometers wird mittels eines matten Prisms durch ein kleines Vier-Volt-Lämpchen, die andere Öffnung s_2 des Photometers einmal durch einen diffus leuchtenden Schirm S unmittelbar, das andere Mal durch diesen Schirm beleuchtet, wenn er in der Austrittspupille des optischen Instruments angebracht ist und die Eintrittspupille so nahe als möglich an der Öffnung s_2 liegt. Der diffus leuchtende Schirm S mit etwa 2 Zoll Durchmesser wird dadurch beleuchtet, daß in einem innen matten Kasten vier 30-Watt-Metallfadenlampen angebracht sind, wobei der Schirm am Ende eines konusförmigen Ansatzes befestigt ist. Mattglas für den Schirm S zu nehmen, empfiehlt sich nicht, da sonst dessen spezifische Intensität von der Normalen aus stark abfällt; es wurde „Ilford Diffusing Medium“ verwendet.



Bei optischen Instrumenten mit kleinem (dingseitigem) Gesichtsfeld ist die umgekehrte Anordnung zu empfehlen, d. h. die Lichtquelle (Schirm S mit dem Lampenkasten) in die Eintrittspupille und die Photometeröffnung s_2 in die Austrittspupille des zu photometrierenden optischen Instruments zu bringen. Ganz allgemein muß der Winkel, unter dem die Doppelkeilhälfte von s_2 aus erscheint, etwas kleiner sein als der Öffnungswinkel der aus dem optischen Instrument kommenden Lichttröhre (d. h. entweder das dingseitige oder das bildseitige Gesichtsfeld). In dem häufig vorkommenden Fall, daß s_2 nicht mit der Austrittspupille des Instruments zur Deckung gebracht werden kann, entwirft man mit einer Hilfslinse von 10 bis 12 Dioptrien ein reelles Bild der Austrittspupille, photometriert, erst so und dann das mit der gleichen Linse entworfene Bild von S . Der Quotient gibt wieder die Durchlässigkeit.

Um die Helligkeiten an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes miteinander zu vergleichen, wird das leuchtende Scheibchen einer 500-Kerzen-Pointolite-Lampe durch eine Linse auf eine diffuse Strahlung ergebende Platte abgebildet, welche die Austrittspupille des optischen Instruments ausfüllt. In der Eintrittspupille wird eine (der Zeichnung nach achromatische) Linse L von solcher Brennweite angebracht, daß das Gesichtsfeld etwa mit ein bis zwei Zoll Durchmesser abgebildet wird, und zwar auf eine das Licht diffus durchlassende Platte F . Das Photometer wird der Reihe nach mit seiner Öffnung s_2 an verschiedene Stellen dieser Platte F gebracht, die also in der Brennebene der Linse L liegt. Dies geschieht zweckmäßig

¹⁾ Bezüglich der genauen Erklärung dieses Begriffes sei verwiesen auf das von *M. v. Rohr* bearbeitete Kapitel „Die Strahlungsvermittlung durch optische Systeme“ (S. 508—547) des im Verlag von *J. Springer* 1904 erschienenen, von *M. v. Rohr* herausgegebenen Buches „Die Theorie der optischen Instrumente“ I. Band.

dadurch, daß man die in diesem Falle überflüssige Viertelwellenlängenplatte an diesem Photometerende entfernt und die Platte *P* mit Plastilin auf der Öffnung *s*₂ befestigt. Eine wagerechte und senkrechte Teilung gibt die Lage von *s*₂ in bezug auf den auf der Platte *F* sichtbaren Gesichtsfeldrand an. Man hat also bei dieser Anordnung einen dem wirklichen Strahlengang entgegengesetzten. Da die Platte *F* diffus durchlässig ist, wird auf diese Weise das Produkt aus Durchlässigkeit und Vignettierungsfaktor, d. h. der Verlauf der wirklichen Beleuchtungsstärke, gemessen.

Im Abschnitt VI, S. 215, wird darauf hingewiesen, daß man mit diesem Photometer (aber wieder mit der Viertelwellenlängenplatte) sehr bequem das Reflexionsvermögen beliebiger (ebener oder gekrümmter) Spiegel bestimmen kann. Im Abschnitt VII (frühere Arbeiten auf ähnlicher Grundlage), S. 215–216, wird darauf hingewiesen, daß *F. E. Wright* (The measurement of the intensity of transmitted and reflected light by polarisation photometers, Journal of the Optical Society of America 1919, 2–3, Nr. 3 bis 6, S. 65–75) ebenfalls ein Koenig-Martensches Photometer zu diesem Zwecke benutzt hat, aber ohne die Viertelwellenlängenplatte und ohne die kleine Vergleichslampe. Gerade diese ermöglicht die bequeme Anwendung bei optischen Instrumenten verschiedener Länge und beliebiger Form. Der Berichterstatter möchte noch den Hinweis hinzufügen, daß gleichzeitig mit *F. E. Wright* im Journal of the Optical Society of America 1919, 2–3, Nr. 3–6, S. 76–90, *T. Townsend Smith* ein gegenüber der Wrightschen Anordnung ein wenig abgeändertes Photometer beschrieben hat.

Aus den Diskussionsbemerkungen (S. 216) sei zunächst hervorgehoben, daß *T. Y. Baker* mittels des von *Guild* beschriebenen Photometers zahlreiche Instrumente photometriert hat und dabei Übereinstimmung mit den theoretischen Werten feststellte. (Eine Zusammenstellung der theoretischen Werte findet man bei *H. Erfle* in § 3 der Arbeit „Zur Wirkungsweise der Fernrohre“, Deutsche optische Wochenschrift 1919, 351–355, 363–369, 1920, 3–5, 29–30). Außerdem hat *H. S. Ryland* in der Diskussion drei Methoden beschrieben, die er einige Jahre vorher zum Vergleich der Durchlässigkeiten verschiedener Prismenfeldstecher benutzte. Die erste war eine Vergleichsmethode zur Feststellung, ob die Durchlässigkeit zwischen zwei bestimmten Normalen liegt, die man als optische Grenzlehren bezeichnen könnte. (Einzelheiten werden nicht mitgeteilt.) Bei der zweiten Methode wird die Austrittspupille des zu prüfenden Instruments und eines Normalinstruments gleichzeitig unter denselben Bedingungen photographiert. „Die dritte war eine Autokollimationsmethode zur Messung der absoluten Durchlässigkeit eines Instruments, wobei ein Teil des Lichtes nach zweimaligem Durchgang durch das Instrument mit dem Licht verglichen wurde, das nicht durch das Instrument gegangen war.“ Zu dieser dritten Methode, für die *Ryland* keine weiteren Einzelheiten angibt, sei mitgeteilt, daß seit dem Jahre 1905 im internen Gebrauch des Zeißwerkes ein nach den Angaben von Prof. *Siedentopf* gebautes Photometer zur Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit von Fernrohren benutzt wird, das auf dem Grundsatz der Autokollimation in der Austrittspupille beruht.

H. Erfle †, Jena.

Astronomische Mitteilungen.

Spektroskopische Parallaxen der Sterne vom Spektraltypus A. Bisher war die von *A. Kohlschütter* und *W. Adams* begründete Methode der Bestimmung der absoluten Leuchtkraft der Sterne aus spektralen Merkmalen nur auf die Sterne der Spektralklassen F bis M angewendet worden, da nur bei diesen Klassen genügend ausgeprägte, eindeutig von der Leuchtkraft abhängende spektrale Charakteristika bei einzelnen Linien bekannt waren. Bei den Spektraltypen B und A fehlten diese; es hatte sich aber gezeigt, daß für alle B-Sterne die Leuchtkraft nahe konstant ist, und daß bei den A-Sternen dasselbe wenigstens für die einzelnen Unterklassen gilt. Nun haben *W. S. Adams* und *A. H. Joy* in einer Untersuchung „A spectroscopic method of determining the absolute magnitudes of A-Type stars and the parallaxes of 544 stars“¹⁾ nachgewiesen, daß man in der Sicherheit der Bestimmung der absoluten Leuchtkraft aus den Unterklassen des Typus A noch etwas weiter kommt, wenn man die Sterne der Unterklassen in solche mit scharfen (*s*) und solche mit verwaschenen Linien (*n*) trennt.

Für die Untersuchung stand eine größere Anzahl von A-Sternen mit bekannter Entfernung zur Verfügung; teils solche des Taurus- und Ursa major-Stromes, deren Parallaxe besonders sicher ist, teils solche mit trigonometrisch bestimmter Entfernung. Ordnet man die hieraus hergeleiteten absoluten Größen nach den Unterklassen von A, und zwar nach den Merkmalen *n* und *s* getrennt, so ergibt sich in beiden Fällen ein etwas verschiedenes Anwachsen

der absoluten Größe mit fortschreitendem Spektraltypus. Die Sterne mit scharfen Linien sind, besonders für die frühen A-Sterne, heller als die mit verwaschenen Linien. Durch die Beachtung der Beschaffenheit der Linien läßt sich die Leuchtkraft und damit die Entfernung der A-Sterne spektroskopisch mit derselben Genauigkeit herleiten, wie bisher die der Sterne vom Typus F bis M. Die für 544 A-Sterne hergeleiteten Parallaxen nehmen entsprechend den Eigenbewegungen dieser Sterne ab, wodurch die erlangten Ergebnisse eine Bestätigung erfahren. Die A-Sterne mit dem Spektralcharakter „e“ (scharfe Linien; Funkenlinien besonders stark und hervortretend) ordnen sich den hier gefundenen Beziehungen nicht ein und bedürfen besonderer Untersuchung.

Die Geschwindigkeitsverteilung bei den Sternen der Spektraltypen F bis M. Die Bestimmung der spektroskopischen Parallaxen einer größeren Anzahl von Sternen der Spektralklassen F bis M hat die Möglichkeit gegeben, die räumliche Geschwindigkeit dieser Sterne herzuleiten. Die Diskussion dieses Materials durch *G. Strömberg* (The distribution of the velocities of stars of spectral types F to M)²⁾ ließ eine Reihe bedeutungsvoller Gesetzmäßigkeiten in der Sternbewegung erkennen, die eine glänzende Bestätigung der Schwarzschildschen Hypothese der Geschwindigkeitsellipsoide bedeuten. Denkt man sich die Sterne einer Gruppe zu irgend einer Zeit in einem Punkt vereinigt, und bewegen sie sich von hier aus entsprechend ihrem Geschwindigkeitsvektor, so wird die räumliche Ver-

¹⁾ Astrophys. Journal Vol. 56, S. 242, 1922, und Mt. Wilson Contributions Nr. 244.

²⁾ Astrophys. Journal Vol. 56, S. 265, 1922, und Mt. Wilson Contr. Nr. 245.

teilung der Sterne nach Ablauf der Zeiteinheit ein Bild der Verteilung der Geschwindigkeiten geben. Durch Abzählen der in einem Raumteil vorhandenen Sterne läßt sich unmittelbar die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Geschwindigkeiten bestimmen. Die Flächen gleicher Sterndichte und damit gleicher Häufigkeit der Geschwindigkeitsvektoren wurden auf analytischem Weg nach Spektralklassen sowie nach absoluten Helligkeiten getrennt ermittelt. Dabei sind die Geschwindigkeitsvektoren von der Sonnenbewegung relativ zum Fixsternsystem befreit. Letztere ist von *G. Strömberg* durch Mittelbildung über die beobachteten Sterngeschwindigkeiten in bezug auf die Sonne bestimmt worden, wobei sich für die einzelnen Spektralklassen sowie für Riesen und Zwerge verschiedene Beträge der Sonnengeschwindigkeit nach Richtung und Größe ergaben. Die für die Häufigkeit

Bewegung zwei Richtungen bevorzugen, die einander entgegengesetzt sind, und die sich in der Ebene der Milchstraße befinden. Die am häufigsten vorkommende Geschwindigkeit ist nicht Null, sondern liegt im ersten Quadranten. Dies rührt daher, daß die Geschwindigkeit der Sonne in bezug auf die Gesamtheit der übrigen Sterne durch das arithmetische Mittel aller Geschwindigkeitskomponenten in bezug auf die Sonne festgelegt ist. Die Geschwindigkeiten sind aber um die am häufigsten vorkommende Geschwindigkeit nicht symmetrisch verteilt. Vielmehr meiden die Sterne hoher Geschwindigkeit den ersten Quadranten, so daß die häufigste Geschwindigkeit mit der mittleren nicht zusammenfällt.

Für die Zwerge der Spektralklassen G 0 bis M ist die Geschwindigkeitsverteilung ebenfalls eine ellipsoide. Die Hauptachse in der Ebene der Milch-

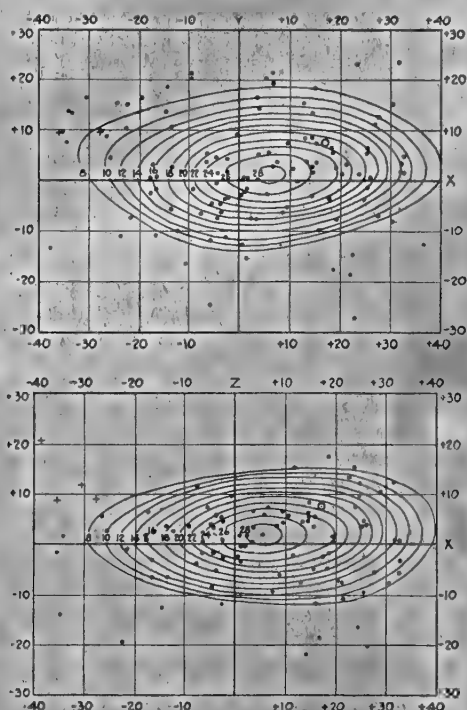


Fig. 1. Geschwindigkeitsverteilung der Sterne F 0 bis G 5 heller als 2,9.

der Sterngeschwindigkeiten gefundenen Ergebnisse sind durch eine Reihe anschaulicher Figuren erläutert, von denen zwei hier wiedergegeben seien.

Die Fig. 1 zeigt die Verteilung der Geschwindigkeiten der Spektraltypen F 0 bis G 5 für die Sterne, deren absolute Helligkeit 2,9 übersteigt (also für Riesen). Die eingetragenen Punkte stellen eine Auswahl der Endpunkte der einzelnen Geschwindigkeitsvektoren dar, und zwar projiziert auf die Ebene der Milchstraße (XY) und auf eine Ebene senkrecht zu dieser (XZ). Die Schnittkurven der Flächen gleicher Dichte mit den Projektionsebenen sind vollständig eingezeichnet. Die Flächen gleich häufiger Geschwindigkeiten sind annähernd dreiaxige Ellipsoide, deren kürzester Durchmesser senkrecht zur Milchstraße liegt. Eine ähnliche Verteilung zeigt sich auch bei den Riesen der späteren Spektraltypen; nur nähern sich die Ellipsoide mehr und mehr der Kugel. Diese ellipsoide Anordnung sagt aus, daß die Sterne, besonders die der frühen Spektraltypen, in ihrer

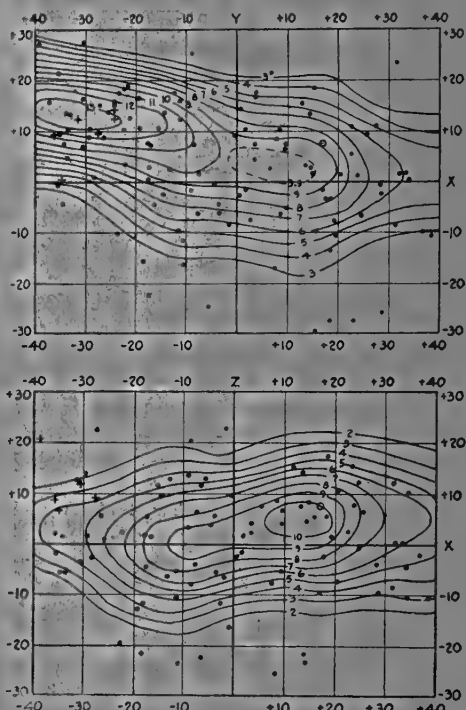


Fig. 2. Geschwindigkeitsverteilung der Sterne A 6 bis F 9, Helligkeit 0 bis 5,5.

straße ist jedoch gegen die der Riesen gedreht; die häufigste Geschwindigkeit liegt in der Richtung der negativen X-Achse. Diese letztere Richtung fällt nahe mit derjenigen von *Kapteyns* erstem Sternstrom zusammen, während die häufigste Richtung der Riesen sich mit *Kapteyns* zweitem Strom deckt.

Von besonderer Wichtigkeit ist die hier wiedergegebene Fig. 2. Hierbei sind die hellsten F-Sterne ausgeschlossen worden; die Gruppe umfaßt die Spektraltypen A 6 bis F 9 und die absoluten Größen 0 bis 5,5. Diese Sterne lassen eine Trennung in zwei Ströme erkennen. Der eine fällt mit dem allgemeinen Strom der Riesensterne zusammen; der zweite mit dem *Taurusstrom*, der über das ganze nähere Sternsystem ausgebreitet ist und etwa 20 % vor allem der Sterne des F-Typus umfaßt.

Das Leuchten der Milchstraßennebel. In einer früheren Untersuchung³⁾ hatte *E. Hubble* aus den

³⁾ Vergl. Die Naturwiss. 11, 164, 1923.

Spektren der Milchstraßennebel und der darin enthaltenen Sterne geschlossen, daß das Leuchten dieser Nebel zum Teil auf einfache Reflexion des Sternenlichtes, zum Teil auf irgend eine Art Anregung durch solches Licht zurückzuführen ist. Diese Auffassung wird durch eine neue Arbeit *E. Hubbles* (*The source of luminosity in galactic nebulae*)⁴⁾ bestätigt. Zwischen der Helligkeit eines Sternes und der maximalen Entfernung, bis zu welcher dunkle, im Weltall vorhandene Nebelmassen bei einfacher Reflexion für uns noch wahrnehmbar sein können, besteht ein einfacher Zusammenhang, der tatsächlich für die diffusen Milchstraßennebel und die voraussichtlich räumlich damit verbundenen Sterne nachweisbar ist. Dabei ist es gleichgültig, ob die Nebel ein kontinuierliches oder ein Emissionsspektrum zeigen. Im letzteren Fall ist also anzunehmen, daß die anregende Strahlung stets in gleicher Weise in Emission umgesetzt wird. Vielleicht ist auch das kontinuierliche Spektrum nicht auf Reflexion, sondern auf Anregung zurückzuführen. Kleine Unstimmigkeiten in einzelnen Fällen können durch die Annahme einer Absorption des Sternenlichtes durch vorgelagerte Materie gedeutet werden.

Bei den planetarischen Nebeln ist ein so deutlicher Zusammenhang zwischen der Helligkeit des Zentralsterne und der Ausdehnung des Nebels wie bei den diffusen Nebeln nicht vorhanden. Auch ist die Helligkeit der planetarischen Nebel bedeutend größer als die entsprechende Helligkeit bei den diffusen Nebeln; die Art der Anregung beim Leuchten der planetarischen Nebel muß also eine andere als bei den diffusen Nebeln sein.

Besonders hervorzuheben ist noch ein Versuch, auf Grund der bei den Milchstraßennebeln gefundenen Gesetzmäßigkeiten die Entfernung des Spiralnebels M 33 herzuleiten. Das Spektrum dieses Nebels ist ein Emissionsspektrum derselben Art wie bei einer Reihe diffuser Milchstraßennebel. Nimmt man an, daß das Leuchten der Spiralnebel auf dieselben Ursachen wie das der Milchstraßennebel zurückzuführen ist, so ergibt sich hieraus unmittelbar der Spektraltypus und die absolute Helligkeit der Sterne, von denen die Lichtanregung ausgeht. Der Vergleich der absoluten Helligkeit ($M = -2,5$) mit der scheinbaren Helligkeit einiger zentral gelegener Sterne liefert für M 33 eine Entfernung von 33 000 parsec. Dieser Abstand ist größer als der bei den Spiralnebeln aus der Bewegung der Nebelmaterie hergeleitete. Es wäre jedoch möglich, daß das Licht der Zentralsterne infolge von Absorption eine Schwächung erfährt; die Entfernung des Nebels wäre dann geringer anzusetzen.

Innere Bewegung in Spiralnebeln. Für den Spiralnebel M 63 hat *A. v. Maanen* (*Internal motion in the spiral nebula Mess. 63*)⁵⁾ ebenso wie früher für eine Reihe anderer solcher Nebel mit Hilfe zweier um 12 Jahre auseinander liegender Aufnahmen gezeigt, daß die Nebelmaterie sich in der Richtung der Spiralarme nach außen bewegt. Die jährliche Geschwindigkeit an der Sphäre ist im Durchschnitt 0,019 Bogensekunden; die Einzelwerte steigen nach außen zu von 0,016 auf 0,021 Bogensekunden an. *A. Kopff*.

Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhaufen. (*Carl Wirtz*.) Äußerlich ist diese

schöne und in vielem neuartige Arbeit ein Kennzeichen der Not unseres Vaterlandes. *Wirtz* ist längst bekannt durch seine jahrelang ausgedehnten Ortsbestimmungen zahlreicher Nebelflecke am großen Refraktor der Straßburger Sternwarte. Am gleichen Instrument (50 cm Öffnung) wurde die vorliegende Reihe 1911 begonnen und im wesentlichen bis zum Kriegsausbruch fortgesetzt; das traurige Ende des Völkerkriegens verhinderte ihren völligen Abschluß. In Kiel wurde die endgültige Bearbeitung durchgeführt und der bekannte schwedische Astronom *Charlier* ermöglichte das Erscheinen der Arbeit in den Mitteilungen der *Lauber Sternwarte*.

Beobachtet wurde mit einem Vergleichskeilphotometer, in welchem nach einem Vorschlage *G. Müllers* an Stelle des künstlichen Sterne ein Photometernebelchen erzeugt wurde. Rangesetzt wurde auf gleiche durchschnittliche Flächenhelligkeit von künstlichem und natürlichem Nebel. Zur Sicherung der Beobachtungen untereinander wurde noch eine Reihe von Vergleichsterne mitgemessen, für die das Okular stets um 19 mm aus dem Fokus gebracht wurde, so daß die Sterne als gleich große aber verschieden helle Scheibchen erschienen. Die Helligkeiten der Vergleichsterne wurden (*Pickering's* Durchmusterungszone²⁾) entnommen, die Keilkonstante im Laboratorium der *Reichenberger Sternwarte* in Tübingen bestimmt. Die Größenskala der Harvardsterne erwies sich mit der Straßburger identisch, ebenso mit der *Kästners* in seinem großen Katalog für 1900³⁾, wodurch erneut die Brauchbarkeit seines quasiphotometrischen Verfahrens, Schätzungen in Verbindung mit Blendgittern, erwiesen ist.

Um einen Nullpunkt für die Nebelflächenhelligkeiten zu haben, derart, daß sich mit der Katalogangabe gleich eine gewohnte Vorstellung verbinden würde, die vorliegenden Daten über die Totalhelligkeiten der Nebel herangezogen. *Holtschek* in Wien verdankte wir eine derartige ausgedehnte Beobachtungsreihe⁴⁾. An einem 6 Zöller verglich er bei schwächster Vergrößerung den Gesamteindruck eines Nebels mit benachbarten schwachen Sternen, und der Referent hat 1921 durch Photometrie der Vergleichsterne *Holtscheks* Angaben für die Nebel in die üblichen Größenskala umgesetzt⁵⁾. *Wirtz* legte den Nullpunkt seiner Flächenhelligkeiten so fest, daß sie für Nebel von 1" Durchmesser sich mit meinen Totalhelligkeiten decken.

An den so entstandenen Katalog von 566 Nebeln knüpft *Wirtz* noch eine Reihe weiterer Untersuchungen. Der Vergleich mit einigen nur kurzen älteren Beobachtungen sei hier übergangen. Am wichtigsten ist wohl der mit der *Holtschek-Hopmann*. Hierzu mußte *W.* erst seine Flächenhelligkeiten mittels der durch die früheren Straßburger Beobachtungen bekannten Durchmesser in Totalhelligkeiten verwandeln. Die Differenz *Wirtz-Holtschek-Hopmann* ergab sich als ziemlich stark abhängig vom Nebeldurchmesser, und zwar so, daß *Wirtz* die Totalhelligkeit bei großen Objekten zu groß, bei kleinen zu gering angesetzt hat. Dies war zu erwarten, da in Straßburg durchgängig die Kernpartie der Nebel, ihre hellste Stelle, beobachtet wurde. So behalten denn wohl meine a. a. O. abgeleiteten durchschnittlichen Flächenhelligkeiten ihre selbständige Bedeutung, die aus dem Totallicht mittels

¹⁾ Meddelanden fram Lands Astronomiska Observatorium, Serie II, Nr. 29.

²⁾ Annals of the Harvard Observatory Bd. 76.

³⁾ Veröffentlichungen d. Bonner Sternwarte Nr. 10.

⁴⁾ Annalen der Wiener Sternwarte 1907.

⁵⁾ Astronomische Nachrichten Bd. 214, Nr. 23.

⁴⁾ Astrophys. Journal Vol. 56, S. 400, 1922, und Mt. Wilson Contrib. Nr. 250.

⁵⁾ Astrophys. Journal Vol. 57, S. 49, 1923, und Mt. Wilson Contrib. Nr. 255.

der Durchmesser, meist nach amerikanischen Photographien, abgeleitet wurden. — Weiter untersucht *Wirtz* die Beziehung zwischen seinen Flächengrößen und den klassischen Herschelschen Beschreibungen. (oB, B, oB, pB = very, considerably, pretty bright). Jede dieser Stufen entspricht etwa 0^m.4. Dabei zeigt sich aber, daß die Herschelschen Angaben in der Milchstraße merklich von den anderen abweichen: der helle Sternvordergrund verfälschte die Helligkeitsschätzung.

Weitere statistische Untersuchungen bestätigen die unabhängig von *Wirtz* von mir gemachten, die zum Nachweis dienen sollten, daß die Spiralnebel nicht mit dem Milchstraßensystem zu vergleichen sind, sondern diesem gewissermaßen noch angehören⁶⁾. Genannt sei hier nur: die Flächenhelligkeit der Spiralen ist unabhängig davon, ob wir sie von „oben“ oder „von der Kante“ sehen, die bisher festgestellten Radialgeschwindigkeiten dieser Himmelsobjekte sind stark abhängig von der Totalhelligkeit (je schwächer in Nebel, desto rascher soll er sich von uns entfernen), m. E. also wohl noch irgendwie systematisch verfälscht.

Die Flächenhelligkeit der Spiralnebel konzentriert sich im wesentlichen nach *Wirtz* um 11^m.7, die der gasförmigen planetarischen Nebel ist höher, 10^m.5 im Mittel. Diese Größe ist hier zudem stark abhängig vom scheinbaren Durchmesser. Je kleiner der Gasball, desto heller seine Fläche. Referent hatte seinerzeit auf die Möglichkeit hingewiesen, daß absolute Größe des Zentralsterns in den planetarischen Nebeln und Flächenhelligkeit in Beziehung zueinander ständen. Es war so angängig, die Distanzen dieser Objekte ungefähr zu bestimmen. *Wirtz* folgert aus seinen Werten, daß diese hypothetischen Parallaxen wohl eine 1. Reihung der Objekte nach dem Abstände bedeuten⁷⁾. Er und auch neuerdings ich — auf Grund weiterer trigonometrischer Parallaxen von planetarischen Nebeln, die v. Maanen auf dem Mt. Wilson erhalten hat — stehen dieser Korrelation immerhin sehr skeptisch gegenüber. — Zwischen Flächenhelligkeit und Spektraltyp findet *Wirtz* bei diesen Objekten keinen Zusammenhang.

Auch 19 kugelförmige Sternhaufen enthält die Straßburger Nebelphotometrie. Hier ist der Gang zwischen Flächenhelligkeit und scheinbarem Durchmesser umgekehrt wie bei den Gasnebeln, und weiter: es wächst mit Anwendung der Shapleyschen Distanzen der Kugelhaufen die Flächenhelligkeit mit abnehmender Entfernung von uns. Ohne hier näher in Einzelheiten zu gehen, glaube ich, daß sich auch dies ähnlich erklärt wie die analoge Erscheinung bei den Spiralnebeln.

So reiht sich alles in allem diese letzte Arbeit der deutschen Straßburger Sternwarte würdig den anderen dortigen Nebelarbeiten an, an die von *Winnecke*, *Kobold* und *Wirtz*. J. Hopmann.

Zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse. Die Frage, ob unsere Elemente der Mondbahn genügen selbst weit zurückliegende Finsternisse darzustellen, oder ob aus der Berechnung der Finsternisse eine Verbesserung unserer Elemente folgt, ist schon von verschiedenen Forschern erörtert worden. Bei der Verwendung früherer Finsternisse wurde öfters der Fehler begangen, nicht ganz glaubwürdige Finsternisse zu verwenden oder solche glaubwürdigen Finsternisse, bei denen aber der Beobachtungsort nicht bekannt ist. In verschiedenen Arbeiten hatte *F. R. Ginzels* auf das Bedenkliche, Finsternisse ohne

Angabe des Beobachtungsortes oder wenigstens der Gegend zu verwenden, hingewiesen und aus eindeutigen Finsternissen eine Verbesserung zu den von *Oppolzer* für seinen bekannten Kanon der Finsternisse verwendeten Modellelementen berechnet. In der vorliegenden Arbeit führt *Ginzels* seine Untersuchung weiter und prüft 18 mittelalterliche Sonnenfinsternisse, bis zum Jahre 1400, auf Grund von nordischen und vorderasiatischen Berichten. Der größere Teil der Finsternisse war noch nicht bekannt; bei den anderen konnte Verfasser den Bereich ihrer Sichtbarkeit erweitern. Anschließend an die Untersuchung gibt er ein Verzeichnis von 12 überlieferten antiken Sonnenfinsternissen, von denen 5 unbrauchbar, 4 fraglich und nur 3 mehr oder weniger brauchbar sind, und von 21 nur brauchbaren mittelalterlichen Sonnenfinsternissen bis zum Jahre 1400. Eine erneute Verbesserung der Modellelemente wird nicht durchgeführt.

*J. Fr. Schroeter*⁸⁾ gibt in seiner Arbeit, deren Umschlag leider die mißdeutige Bezeichnung „Sonnenfinsternisse von 600 bis 1800 n. Chr.“ trägt, eine Fortsetzung zu *Ginzels* „Speziellem Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften und den Zeitraum von 900 v. Chr. bis 600 n. Chr.“ Verfasser teilt darin die Sichtbarkeit der zentralen Sonnen- und Mondfinsternisse für das Gebiet zwischen 30° bis 70° nördlicher Breite und — 30° bis + 75° Länge von Greenwich mit, unter Beigabe einer Karte der Sichtbarkeit für jede dieser Finsternisse. Die in den Karten eingezeichneten Kurven der 9-Zoll- (= ¼) Bedeckung werden besonders den Geschichtsforschern wertvoll sein, weil sie ihn sofort erkennen lassen, ob für einen Ort die Finsternis auffällig sichtbar sein konnte oder nicht. Die beiden speziellen Kanons von *Ginzels* und *Schroeter* gestatten es jedem Geschichtsforscher, sich ohne Rechenarbeit über die in dem Hauptkulturgebiet vorgekommenen Sonnen- und Mondfinsternisse Gewißheit zu verschaffen. E. Zinner.

Kugelförmige Sternhaufen mit langperiodischen Veränderlichen. Nach *Harv. Bull.* 783 gibt es in dem Haufen 47 Tucanae drei Veränderliche mit Perioden von 211, 203 und 192 Tagen und einem Lichtwechsel zwischen 11,0 und 14,3. Die Gleichheit von Periode und Lichtwechselbereich deutet auf eine neue Bestätigung der Leavittschen Kurve, worüber *Shapley* eine ausführliche Diskussion ankündigt, deren Ergebnis für eine weitere Besprechung man wird abwarten müssen.

H. Kienle.

Berichtigung. In der Besprechung des Handbuches der biologischen Arbeitsmethoden in Heft 23 ist auf S. 451 in der ersten Spalte im vorletzten Absatz eine Zeile ausgefallen. Es soll dort heißen: In einem getrennten Aufsatz führt *F. Ehrlich* die biochemisch wichtigen Substanzen auf, die bei der Aufarbeitung der Melasseschlempe gewonnen werden.

7) Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse und zur Frage ihrer Verwendbarkeit. Abhandl. d. K. Preuß. Akad. d. Wissenschaften Jg. 1918, Phys.-Math. Klasse Nr. 4, Berlin 1918.

8) Spezieller Kanon der zentralen Sonnen- und Mondfinsternisse, welche innerhalb des Zeitraums von 600 bis 1800 n. Chr. in Europa sichtbar waren. Herausgegeben auf Staatskosten durch Videnskapsselskapet i Kristiania. Kristiania, in Kommission bei Jakob Dybwd, 1923.

⁶⁾ Astronomische Nachrichten Bd. 218, Nr. 7.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 26. (Seite 509—532.)

29. Juni 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Richard Wettstein-Westersheim. Zu seinem sechzigsten Geburtstage. Von *C. Correns, Berlin-Dahlem*. S. 509.

Über eine auffallende Gesetzmäßigkeit in der Verteilung des roten Blutfarbstoffes auf die Oberfläche der roten Blutkörperchen. Von *K. Bürker, Gießen*. S. 512.

Vom Sprechenlernen der Papageien. Von *Fritz Braun, Danzig*. S. 514.

Besprechungen:

Madelung, Erwin, Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers. Von *Ernst Lams, Berlin*. S. 519.

Hurwitz-Courant, Funktionentheorie. Von *K. Reidemeister, Wien*. S. 519.

Haas, Arthur, Vektoranalysis in ihren Grundlagen und wichtigsten physikalischen Anwendungen. Von *H. Vermeil, Aachen*. S. 519.

Müller, Aloys, Der Gegenstand der Mathematik mit besonderer Beziehung auf die Relativitätstheorie. Von *P. Bernays, Göttingen*. S. 520.

Siebel, K., Die Elektrizität in Metallen. Von *E. Grüneisen, Berlin*. S. 522.

Ludewig, P., Die physikalischen Grundlagen des Betriebes von Röntgenröhren mit dem Induktatorium. Von *R. Glocker, Stuttgart*. S. 522.

Electrodynamics of moving media. Bulletin of the National Research Council. Von *M. v. Laue, Berlin*. S. 522.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Über die Quellung der Gelatine in Säuren. Von *Alfred Kuhn, Leipzig*. S. 523.

Über die Erklärung für das kolloide Verhalten der Eiweißkörper. Von *W. Ostwald, Leipzig*. S. 523.

Bemerkungen zur Kritik des Herrn Ostwald. Von *Jacques Loeb, New York*. S. 525.

Über die angebliche Gültigkeit der Hofmeisterischen Anionenreihen bei der Quellung von Eiweißkörpern. Von *Jacques Loeb, New York*. S. 525.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Ethnologische Reiseergebnisse aus Mittelamerika. S. 527.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 527-530.

Eine Untersuchung über die spontane Tätigkeit des Meerschweinchens. Hemmung der Gewohnheitsbildung durch bestehende Gewohnheiten bei der weißen Ratte und dem Menschen. Über den Einfluß des Lichts und der Verdunkelung auf die Papaverschäfte. Das Aufreißen von kaltgereckten Messinggegenständen. (Mit 5 Abbildungen.)

Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg i. Br. S. 530-532.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Konstanten der Atomphysik

Herausgegeben von

Dr. Walther A. Roth

Professor an der Technischen Hochschule in Braunschweig

und

Dr. Karl Scheel

Professor an der Physik.-Techn. Reichsanstalt in Charlottenburg

Unter besonderer Mitwirkung von

Dr. E. Regener

Professor an der Technischen Hochschule in Stuttgart

(II, 114 S.) Gebunden GZ. 8

Fürs Ausland: 10 Schw. Fr.

Sonderdruck aus der fünften Auflage von Landolt-Börnstein-Roth-Scheel:
Physikalisch-chemische Tabellen*

*) Das Gesamtwerk erscheint im Juli.

Die Grundzahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“
Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 8000.— M. für Juli 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 2500.—.

Zuschriften wegen des Anzeigenteils an die Anzeigen-Abteilung erbeten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20220 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Der Juli-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 8000.— zuzüglich Porto für direkte Zustellung unter Streifband, bzw. Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise bleiben wie bisher.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9.

Sternatlas

Nach d. 4. Aufl. v. Littrows Atlas d. gestirnten Himmels vollst. neu bearb. v. Fr. Becker Geb. GZ. 8—

Hevelius

Handbuch f. Freunde d. Astronomie u. kosm. Physik. Herausg. v. Prof. Dr. Plaßmann. GZ. 12.—, geb. 15.—

GZ \times Entwertungszahl (freibl., z. Z. 5000) = Preis.
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68. Postscheck 145.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere

Herausgegeben von

F. Czapek†, M. Gildemeister, E. Godlewski jun., C. Neuberg, J. Parnas.

Redigiert von **J. Parnas.**

Erster Band: Die Wasserstoffionen-Konzentration. Ihre Bedeutung für die Biologie und die Methoden ihrer Messung. Von Dr. **Leonor Michaelis**, a. o. Professor an der Universität Berlin. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. In 3 Teilen. Erster Teil: **Die theoretischen Grundlagen.** Dritte Auflage in Vorbereitung.

Zweiter Band: Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine Physiologie. Von **Hans Winterstein**, Professor der Physiol. und Direktor des Physiol. Instituts der Universität Rostock i. M. Mit 7 Textabbildungen. (IX, 319 S.) 1919. GZ. 10; Schw. Fr. 11.50

Dritter Band: Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels. Von Dr. **M. Guggenheim**. (VIII, 376 S.) 1920. GZ. 12; Schw. Fr. 12.—

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Richard Wettstein - Westersheim. Zu seinem sechzigsten Geburtstage.

Von C. Correns, Berlin-Dahlem.

Am 30. Juni feiert der ordentliche Professor der systematischen Botanik, Direktor des Botanischen Gartens und Museums der Universität und Vizepräsident der Akademie der Wissenschaften in Wien, Hofrat Professor Dr. *Richard Wettstein-Westersheim* seinen sechzigsten Geburtstag. Ein Schüler *Anton von Kerner*s, hat er als dessen Nachfolger den alten hohen Ruf der Systematik an der Wiener Universität — man denke nur an die *Jaquins* und *Endlicher* — aufrechterhalten. Er ist der Begründer einer ganzen Systematikerschule, die man die spezifisch österreichische nennen kann, und auch außerhalb seines Vaterlandes als einer der ersten seines Faches anerkannt.

Systematik läßt sich in sehr verschiedener Weise betreiben und ist auch so getrieben worden. Ursprünglich genügte sie sich im Unterscheiden, Benennen und Beschreiben der Sippen, Arten und Gattungen und mit dem Einreihen derselben in ein System, das schon aus praktischen Gründen mehr oder weniger künstlich sein muß. Das war zu *Linnés* Zeiten und in *Linnés* Augen „die“ Botanik. Jetzt gilt das als eine nützliche Handwerksarbeit, die, so nötig sie ist, doch nur das Rohmaterial zu den eigentlichen wissenschaftlichen Untersuchungen liefert.

Die Ziele, die die systematischen Studien heutzutage verfolgen, sind recht verschieden; je nach der Eigenart des Forschers tritt bei ihm bald das eine, bald das andere, mehr oder weniger scharf, in den Vordergrund, wenn sie auch im Grunde alle miteinander zusammenhängen. Den einen interessieren in erster Linie pflanzengeographische Fragen; die systematischen Untersuchungen liefern ihm das Material, um die Entwicklungsgeschichte der Pflanzendecke der Erde zu verfolgen. Ein zweiter sucht den phylogenetischen Fragen zu Leibe zu gehen und arbeitet am Auf- und Ausbau des Systemes, das immer natürlicher werden, die genetischen Beziehungen der Formenkreise immer klarer zum Ausdruck bringen soll. Der dritte studiert an dem systematischen Material das Problem der Speciesbildung. *R. Wettstein* haben all diese Fragestellungen gefesselt, besonders aber die beiden letzten, und von ihnen wieder offenbar die *Artbildungsfrage* am meisten.

Wenn man diese Frage studieren will, wird man sich dazu nicht Verwandtschaftskreise aus-

suchen; die innerhalb der Tropen zu Hause sind, oder in Gegenden, die zurzeit nur mangelhaft durchforscht sind, und aus denen selbst die größten Herbarien, auf deren Benutzung man schließlich doch angewiesen ist, günstigen Falles nur Stichproben enthalten, während umgekehrt für phylogenetische und pflanzengeographische Untersuchungen jedes Neuland und jedes wenig bekannte Gebiet große Überraschungen bergen kann.

Als Phylogenetiker hat deshalb *Wettstein* auch 1901 eine botanische Expedition nach Südbrasilien geführt, deren reiche Ergebnisse erst teilweise verarbeitet und veröffentlicht sind.

Zu Artbildungsstudien wendet man sich am besten zu solchen Familien, Gattungen und Gattungssektionen, die in den bestdurchforschten Gegenden, also in Europa, und hier wieder im mittlern, nördlichen und westlichen Teil, ihr Hauptverbreitungsgebiet haben. Das hat denn auch *Wettstein* getan.

Die Bearbeitung der *Scrophulariaceen* für *Englers* „Natürliche Pflanzenfamilien“ (1891) hatte ihn zunächst zum Studium der Gattung *Euphrasia* („Augentrost“) geführt, die, wie jeder Florist weiß, gerade in Mitteleuropa eine Menge schwer unterscheidbarer Arten besitzt. Die Untersuchungen fanden in einer großen Monographie (1896) ihren Abschluß. Ihnen folgte die Bearbeitung einer anderen, sehr schwierigen Gruppe von Sippen, der „endotrichen“ (violettblühenden) *Gentianaarten* (1897) und der Gattung *Globularia*. Über eine weitere, sehr interessante, sippenreiche Formengruppe, die Gattung *Sempervivum* („Hauswurz“), die den großen Vorzug leichter Kultivierbarkeit besitzt, hat *Wettstein* seit vielen Jahren gearbeitet; wir dürfen auf einen baldigen Abschluß der Monographie und ihre Veröffentlichung hoffen. Er hat daran, unter anderem, die wichtige Beobachtung gemacht, daß Artbastarde von Generation zu Generation fruchtbarer werden, also ein Merkmal, das ihre Herkunft verrät, verlieren können. Die zahlreichen Schüler, sind dem Meister in der Untersuchung einheimischer Gattungen gefolgt; ich erwähne nur einige dieser monographischen Arbeiten: die von *v. Sternneck* über die *Alectorolophusarten*, von *v. Handel-Mazetti* über *Taraxacum*, von *Vierhapper* über *Soldanella* und über *Erigeron*, von *Janßen* über die *Cistaceen* und die Gattung *Hedraianthus*, von

Rönninger über *Melampyrum*, von Jakowatz über die Arten der Sektion *Thylacites* der Gattung *Gentiana* (*G. acaulis*) usw.

Bei dem Studium der oft wenig auffällig von einander abweichenden Sippen solcher Gattungen und Gattungssektionen hat Wettstein die *geographisch-morphologische Methode* ausgebildet; ihre Grundzüge sind in einem 1898 erschienenen kleinen Buche auseinandergesetzt. Trägt man auf einer Karte die Verbreitungsgebiete aller unterscheidbaren Sippen einer Formengruppe, z. B. der endotrichen Gentianen oder der europäischen Euphrasien, ein, so überdecken sie sich vielfach. Sucht man nun aber auf der Karte die Sippen zusammen, deren Areale *aneinandergrenzen*, ohne sich zu überschneiden, so erhält man Gruppen, deren einzelne Glieder nächstverwandt sind, wie eine genaue morphologische Untersuchung zeigt. So lassen sich aus den 22 Sippen, die Wettstein in der Sektion *Endotricha* der Gattung *Gentiana* unterschieden hat — außer einer Anzahl isoliert stehender Arten mit ebenfalls isolierten Verbreitungsgebieten —, eine *campestris*-Gruppe mit 3 Arten, eine *polymorpha*-Gruppe mit 8 Arten und eine *Amarella*-Gruppe mit 3 Arten ausscheiden. Die Areale dieser Gruppen überdecken sich, die Areale der Sippen in der einzelnen Gruppe stoßen aneinander; die Sippen innerhalb einer Gruppe sind unzweifelhaft näher unter sich verwandt als die Sippen verschiedener Gruppen. An den Berührungsgrenzen der Areale treten Übergangsformen auf, denen Wettstein nichthybriden Ursprung zuzuschreiben geneigt ist.

Die geographische Untersuchung lehrt ihn so die (morphologisch sehr ähnlichen) Sippen, die jüngsten Datums sind, von den (morphologisch schärfer getrennten) Sippen älterer Herkunft unterscheiden; die einen haben aneinanderstoßende, aber sich ausschließende Verbreitungsareale, die andern sind durch mehr oder weniger weite Gebiete getrennt oder können im selben Gebiet nebeneinander wohnen. Der Widerspruch mit der Annahme eines „gesellschaftlichen Entstehens neuer Species“, zu der Nägeli früher auf Grund seiner intensiven monographischen Studien an den Habichtskräutern (Gattung *Hieracium*) gekommen war, ist wohl nicht so scharf, als es auf den ersten Blick scheint, und löst sich vielleicht schon dadurch auf, daß es in verschiedenen Gattungen verschiedene Hauptwege der Speciesbildung gibt.

Die Tatsachen selbst bei *Gentiana*, *Euphrasia* usw. erklärte Wettstein durch die Anpassung an die Lebensbedingungen, die ja nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich in ganz bestimmter Weise angeordnet sind. Er nimmt an, daß die Sippen, die in Anpassung an diese räumlich bestimmt verteilten Faktoren entstanden sind, durch analoge räumliche Verbreitung auf ihr Entstehen zurückschließen lassen.

Bei der Anpassung an den Standort ist Wettstein, auch jetzt noch, geneigt, die „direkte Be-

wirkung“ eine große Rolle spielen zu lassen, wie es seinerzeit auch Nägeli getan hat, wie dieser ohne die Rolle der Kreuzung und der Mutationen auszuschließen, und unter Betonung der außerordentlich wichtigen, jätenden Rolle der Selektion. Wettstein ist einer der ausgesprochensten Verfechter des Neo-Lamarckismus, natürlich des physiologischen, nicht des psychologischen, geblieben.

Ein weiteres, sehr interessantes Ergebnis dieser Untersuchungen war die Entdeckung „saisondimorpher“ Arten unter unseren Blütenpflanzen (1895), die zunächst bei den „endotrichen“ Gentianen gelang. Schon A. und J. Kerner hatten die Arten dieser Gattungssektion in zwei Gruppen, die frühblühenden „*Aestivales*“ und die spätblühenden „*Autumnales*“, geschieden. Bei der eingehenden morphologischen Untersuchung fand nun Wettstein, daß je eine Art der einen Gruppe mit je einer der anderen sicher zusammengehört, indem sich beide von einer gemeinsamen Stammsippe herleiten. So bilden *Gentiana spathulata* mit *G. Sturmiana*, *G. praeflorens* mit *austriaca*, *G. praecox* mit *carpathica* solche Artenpaare. Die Paarlinge unterscheiden sich aber, außer durch die Blütezeit, auch noch durch morphologische Merkmale. Die frühblühenden haben stumpfe Blätter und wenige, dafür aber verlängerte Stängelinternodien, die spätblühenden spitze Blätter und zahlreiche, dafür aber kurze Internodien. Stellt man, wie das früher wirklich geschehen ist, die Sippen nach diesen Merkmalen zusammen, so erhält man Gruppen, die ganz unnatürlich sind. — Die Erscheinung ist nicht auf *Gentiana*arten beschränkt; Wettstein fand sie auch bei anderen Wiesenpflanzen, so bei *Euphrasia*, *Odontites* und *Chlora*, v. Sterneck bei *Alectorolophus* usw.

Mit den endotrichen Gentianen kann man schwer experimentieren; sie lassen sich kaum kultivieren. Wettstein wandte sich deshalb zu *Euphrasia*, um die biologische Bedeutung des unterschiedlichen Verhaltens aufzuklären und so etwas über seine Entstehung aussagen zu können. Sät man die Samen einer frühblühenden Sippe und die des zugehörigen spätblühenden Paarlings auf denselben Rasen aus, so hält die sich rasch entwickelnde (*aestivale*) mit dem Graswuchs Schritt, die langsamer sich entwickelnde (*autumnale*) kommt nur vereinzelt, nach dem Absterben des Grases, zum Blühen. Wird das Gras aber zur gewöhnlichen Zeit abgemäht, so tritt Blühen und Fruchten der autumnalen Sippe sehr rasch ein. Wettstein steht denn auch nicht an, der *Heumähd* eine wichtige, ja die ausschlaggebende Rolle bei der Entstehung des Saisondimorphismus zuzuschreiben und damit die Ausbildung der Artenpaare, genauer wohl die Isolierung durch Selektion, in relativ sehr junger Zeit zu suchen. Es können aber natürlich dabei auch andere Faktoren eine Rolle spielen, denn die frühblühende

Sippe ist eben an eine *kurze*, die spätblühende an eine *lange Vegetationsperiode* angepaßt. — Von dem, was im Tierreich gewöhnlich als Saisondimorphismus bezeichnet wird — man denke an die durch Weismann klassisch gewordenen *Vanessa prorsa* und *lerana* —, unterscheidet sich der oben besprochene dadurch, daß es sich nicht um verschiedene Zustände derselben, erblich einheitlichen *Species* (verschiedene *Phänotypen* desselben Genotypus) handelt, sondern um *verschiedene Species*, um erhebliche Unterschiede (verschiedene *Genotypen*).

War bei den bisher erwähnten Arbeiten Wettsteins die Artbildungsfrage im Vordergrund des Interesses gestanden, so sind nicht weniger wichtige den phylogenetischen Problemen gewidmet. Alle seine Erfahrungen und Überlegungen finden sich in dem großen *Handbuch der systematischen Botanik* zusammengefaßt, von dem der erste Band 1901 in erster Auflage erschien. 1911 folgte eine zweite Auflage, und vor kurzem ist der erste Band einer dritten herausgekommen. Das Werk füllt die Lücke aus zwischen den (naturgemäß kurzen) Darstellungen, wie sie in den Lehrbüchern der Botanik enthalten sind, und einer so eingehenden Darstellung, wie sie in den „natürlichen Pflanzenfamilien“ geboten wird. Es erhält seinen besonderen Charakter durch die starke Betonung der phylogenetischen Gesichtspunkte und zeichnet sich ebensowohl durch die leicht lesbare Darstellung, als durch die reiche Ausstattung mit Abbildungen aus; von denen sehr viele, besonders bei den Blütenpflanzen, Originale sind. Sie beweisen, daß das Werk keine Kompilation ist, sondern auf eigenen Untersuchungen fußt, auch für den, der es nicht aus dem Texte selbst herausfinden kann.

Die erste Auflage war bahnbrechend in der Behandlung der „*Thallophyten*“, dessen, was man als „*Algen*“ und „*Pilze*“ zu bezeichnen pflegt. Längst hatte sich die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß diese beiden großen Sammelgruppen, die sich nur durch ein Merkmal, ihre Lebensweise — autotroph oder heterotroph — unterscheiden, natürlich sind. Es hatte auch nicht an Versuchen gefehlt, zu einer besseren Einteilung zu gelangen, besonders seit Cohn die Fortpflanzungsweise dazu benützt wissen wollte, aber ohne rechten Erfolg. Alle Anläufe, unter Aufgabe der „*Algen*“ und „*Pilze*“ die *Thallophyten* in eine ansteigende Entwicklungsreihe zu ordnen, mißrieten mehr oder weniger. Im ersten Band des Handbuches, 1901, finden wir nun zuerst den zweifellos richtigen Gedanken durchgeführt, daß als „*Thallophyten*“ eine ganze Anzahl von Entwicklungsreihen, „*Stämmen*“, zusammengefaßt werden, die voneinander völlig unabhängig sind. Jeder hat seinen besonderen Ursprung in niederen, flagellatenähnlichen Organismen und beginnt mit relativ einfachen Formen, um zu immer höheren (komplizierter gebauten) anzusteigen, wobei die verschiedenen Stämme sehr ungleich

weit gehen. Die *Thallophyten* sind *polyphyletisch*.

Solcher Stämme unterschied Wettstein sechs: *Myxophyten* („Schleimpilze“), die übrigens schon Engler wegen ihrer ganz absonderlichen Eigenschaften von den übrigen *Thallophyten* abgetrennt hatte, *Schizophyten*, *Zygophyten*, *Euthallophyten*, *Phaeophyten* und *Rhodophyten*. „*Pilze*“ sind außer den *Myxophyten* ein Teil der *Schizophyten* (die Bakterien) und ein Teil der *Euthallophyten*; das übrige sind „*Algen*“.

Die Grundauffassung hat sich sofort allgemeiner Zustimmung zu erfreuen gehabt, wenn auch im einzelnen hier und da Änderungen vorgeschlagen wurden, die im wesentlichen auf eine weitere Zersplitterung der Stämme hinausliefen. So hat man die „*Zygophyten*“, vielleicht nicht mit Unrecht, in den *Bacillariaceenstamm* (*Diatomeen*) und den *Conjugatenstamm* zerlegt und sie den übrigen Stämmen gleichwertig an die Seite gestellt. Auch über die Eingliederung der *Charales* (Armleuchtergewächse) unter die grünen *Euthallophyten* kann man wohl anderer Meinung sein. Noch sind bei Wettstein auch diese *Euthallophyten* in eine autotrophe, chlorophyllgrüne Klasse, die *Chlorophyceen* oder *Algen* im engeren Sinne, und in eine heterotrophe, nicht grüne Klasse, die *parasitisch* oder *saprophytisch* lebenden *Pilze* im engeren Sinne, geteilt, gewiß nur deshalb, weil unsere Kenntnisse noch nicht ausreichen, die wohl sicher *polyphyletischen* *Pilze* bei den autotrophen *Algen* an den richtigen Stellen unterzubringen. Über alle solche Punkte läßt sich streiten — Wettstein hat an den 1901 unterschiedenen nur 6 Stämmen auch in der neuesten Auflage des Handbuches festgehalten —, das große Verdienst, zuerst das richtige Prinzip in der systematischen Anordnung der *Thallophyten* ein- und durchgeführt zu haben, wird immer mit Wettsteins Namen verknüpft bleiben und den ersten Band des Handbuches epochemachend erscheinen lassen.

Bahnbrechend ist auch die Verwendung des (antithetischen) *Generationswechsels* zu phylogenetischen Zwecken, gerade bei den *Thallophyten*. Es kann an dieser Stelle nicht näher auf diese zu komplizierten Dinge eingegangen werden. Nur das sei hervorgehoben, daß Wettstein bei der Mehrzahl der verschiedenen Stämme eine Zunahme der „*Diplophase*“ nachweisen kann, wie sie für den *Kormophytenstamm* eigentlich schon seit Hofmeister bekannt, wenn auch nicht verstanden war. Die biologische Bedeutung der immer weiter gehenden Entwicklung der *Diplophase* sieht er in der damit zunehmenden Möglichkeit für die Außenbedingungen, den Organismus zu beeinflussen und so zum Auftreten neuer durch direkte Anpassung entstandener Sippen zu führen. Er lehnt dabei die Deutung, die Svedelius gegeben hat, nicht ab, sieht also den Nutzen der Ausbildung der *Diplophase* auch darin, daß sie die Zahl der Genkombinationen steigert und so,

auf einem zweiten Wege, zur Entstehung neuer Sippen als *Neukombinanten* führt.

Weitere Studien *Wettsteins* zur Phylogenie der Pflanzen betrafen Einzelfragen der Entwicklung des Kormophytenstammes: Moose → Farne → Gymnospermen → Angiospermen. So hat er den Ursprung des Pollenschlauches behandelt und eine neue, höchst originelle, aber noch umstrittene Theorie über die Ableitung der Angiospermenblüte aufgestellt. Die früher und auch heute oft noch vertretene Theorie leitet sie von einem *Zapfen* her, wie ihn bei den Gymnospermen etwa die ausgestorbenen *Benettitales* besaßen, wo die in der Mitte stehenden offenen Fruchtblätter von einem Kreis großer, gefiederter Staubblätter und diese wieder von sterilen Hüllblättern umgeben waren. Hieraus läßt sich relativ leicht eine Blüte, wie sie heutzutage die Polycarpicae, etwa eine Magnolie oder ein Hahnenfuß, besitzen, ableiten, indem man die Fruchtblätter sich zu Fruchtknoten schließen läßt, usw. *Wettstein* dagegen führt die Einzelblüte auf einen ganzen *Blütenstand* zurück, der oben, resp. in der Mitte, weibliche Blüten, darunter, resp. darum, männliche Blüten und wieder darunter oder darum die Tragblätter der männlichen Blüten als Hülle ausbildet. Die Hüllen um die Einzelblüten schwinden, die Staubblätter in den männlichen Blüten werden auf zwei reduziert und verwachsen miteinander usw. Ein Vorstadium dazu hat *Wettstein* bei den Ephedraceen, speziell bei *Ephedra campylopoda* entdeckt, jenen Gymnospermen, die auch sonst in vieler Hinsicht den Angiospermen am nächsten kommen. Etwas Ähnliches findet sich auch bei den Wolfsmilchgewächsen (*Euphorbia*-arten), wo das „Cyathium“, das der Laie ohne weiteres als eine Blüte ansieht, auch ein ganzer Blütenstand ist, mit einer zen-

tralen weiblichen Blüte und darum gestellten männlichen Blütenständen, in denen jede Blüte auf ein Staubgefäß reduziert ist, und deren Tragblätter die verwachsenblättrige Hülle bilden.

Die Theorie *Wettsteins* hat, obschon sie auf den ersten Blick komplizierter als die ältere Theorie erscheint, sehr viel für sich; sie erklärt den Bauplan mancher „monochlamydischer“ Blüten, z. B. der Kätzchenträger und Brennesselgewächse, mit ihren den Hüllblättern opponierten Staubgefäßen, ohne weiteres. Und gerade sie hatte man seit langem als besonders ursprüngliche Typen angesehen. Man merkt, die Frage läuft darauf hinaus, ob man die Polycarpicae oder die Brennesselgewächse und ähnliche monochlamydische Familien für die primitivsten Angiospermen zu halten hat. Dabei wird ein *monophyletischer* Ursprung dieser Abteilung angenommen. Es wäre allzu ketzerisch, an ihm zu zweifeln und an einen polyphyletischen zu denken, wobei dann beide Theorien nebeneinander zu Recht bestehen könnten.

Das Ausgeführte, das nur die großen Arbeiten *Wettsteins* berücksichtigt, zeigt schon seine originelle, bahnbrechende, ideenreiche Wirksamkeit. Dabei ist er kein Gelehrter, dessen Leben sich allein in Studierzimmer und Hörsaal, in Museum und Garten abspielt; er steht mitten im öffentlichen Leben seiner Heimat, und es ist bewunderungswürdig, wie er Arbeitslust und Arbeitskraft auf die beiden Gebiete zu verteilen versteht, ein Zeichen großer geistiger und körperlicher Rüstigkeit. Möge sie ihm noch viele Jahre erhalten bleiben und ihm den Abschluß schon lange fortgeführter Untersuchungen und die Inangriffnahme und Vollendung neuer ermöglichen, die sich den bisherigen gleichwertig an die Seite stellen werden.

Über eine auffallende Gesetzmäßigkeit in der Verteilung des roten Blutfarbstoffes auf die Oberfläche der roten Blutkörperchen.

Von K. Bürker, Gießen.

Von biologischen Gesetzen, welche sich auf Oberflächen beziehen, ist wohl das bekannteste das *Rubnersche* Oberflächengesetz des Stoff- und Energiewechsels. Es sagt dieses Gesetz aus, daß dieser Wechsel, auf die Einheit des Körpergewichts bezogen, beim Kinde und beim Erwachsenen, bei kleinen und großen Säugetierarten zwar recht verschieden, auf die Einheit der Körperoberfläche bezogen aber annähernd gleich und mit rund 1400 Kalorien pro Quadratmeter in 24 Stunden zu bewerten ist. Es hängt dies damit zusammen, daß die Temperatur der homoiothermen Geschöpfe relativ konstant, und die Heizung des Körpers, um diese Konstanz zu erhalten, um so stärker sein muß, je größer die Körperoberfläche

in bezug zum Körperinhalt ist; diese ist aber größer, je kleiner das Geschöpf ist¹⁾, während die Unterschiede verschwinden müssen, wenn auf gleiche Körperoberfläche Bezug genommen wird.

Auch bei anderen, in unserem Körper sich abspielenden Funktionen kommt großen Oberflächen eine bedeutsame Rolle im Lebensprozeß zu. So ist die an sich schon faltige Darmschleimhaut noch mit feinsten Fortsätzen, den Zotten, bedeckt, die, wie die Würzelchen in den Boden, in die verdauten Nahrung eintauchen und von dieser um so mehr aufsaugen können, in je größerer Oberfläche sie

¹⁾ Bei Kugeln verhalten sich die Oberflächen pro Gewichtseinheit umgekehrt proportional wie die Radien.

mit der Nahrung in Berührung kommen; man rechnet auf 1 qcm Darmschleimhaut nicht weniger als 4500 Zotten.

In den Lungen wird ferner dem Sauerstoff zur Aufnahme ins Blut eine Oberfläche von etwa 90 qm dargeboten, und gar im Gesamtblute beträgt die Oberfläche der den Sauerstoff bindenden und übertragenden roten Blutkörperchen nicht weniger als 2000 qm.

Gerade diese Blutkörperchen sind nun Typen von Oberflächengebilden. Als bikonkave dünne Scheibchen von nur 7—8 μ Durchmesser bestehen sie sozusagen nur aus Oberfläche, sind aber in so ungeheurer Zahl im Blute eines einzigen Menschen enthalten, daß man eine aus ihnen gebildete Kette 3—4 mal um den Erdaquator schlingen könnte, und wollte man sie gar alle zählen, derart, daß jede Sekunde eines gezählt würde, so wären volle 500 000 Jahre dazu erforderlich.

Daß nun derartige, biologisch wichtige Oberflächen auch in Korrelation zueinander stehen und funktionell gekoppelte Systeme darstellen, geht z. B. daraus hervor, daß, wenn man die respiratorische Oberfläche der Lungen durch Pneumothorax, wie er in den Lungenheilstätten zu therapeutischen Zwecken erzeugt wird, verkleinert, sich die sauerstoffübertragende Oberfläche des Blutes in Gestalt der roten Blutkörperchen kompensatorisch vergrößert, offenbar, um auch unter den erschwerten Verhältnissen dem Körper den nötigen Sauerstoff zuzuführen.

Aber es bestehen hier noch weitere auffallende Gesetzmäßigkeiten, die in den letzten Jahren im Gießener physiologischen Institut bei vergleichenden Blutuntersuchungen aufgedeckt werden konnten²⁾ und die noch feinere Zusammenhänge ahnen lassen, als man bisher angenommen hat.

Die Untersuchungen bezogen sich auf das Blut des Menschen und das der Haus- und Laboratoriumstiere. Von hier interessierenden Werten wurde mit den neuesten Methoden die Zahl der roten Blutkörperchen, der Erythrocyten (E-Zahl), und der Gehalt an Blutfarbstoff, an Hämoglobin (Hb-Gehalt), in der Volumeneinheit Blut bestimmt und daraus der mittlere Gehalt eines Erythrocyten an Hämoglobin (Hb_e-Gehalt) berechnet. Dabei zeigte sich nun zunächst, daß beim Menschen und jeder bisher untersuchten Säugetierart, und zwar von Mensch zu Mensch und von Tier zu Tier, die E-Zahl und der Hb-Gehalt schwanken kann, daß aber beide immer im gleichen Verhältnisse schwanken, so daß der mittlere Hb_e-Gehalt eine für den Menschen und jede Säugetierart charakteristische Konstante darstellt; die entsprechenden Mittelwerte sind in der folgenden Tabelle enthalten.

²⁾ Siehe die Arbeiten von P. Kuhl, G. Fritsch, W. Welsch und K. Bürker in Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie Bd. 176, S. 263, 1919; Bd. 181, S. 78, 1920; Bd. 198, S. 37, 1923, und Bd. 195, S. 516, 1922.

Versuchsobjekt	Erythrocytenzahl in 1 mm ³ Blut in Millionen	Hämoglobingehalt in 100 cm ³ Blut in g	Mittlerer Hämoglobingehalt eines Erythrocyten in 10 ⁻¹² g
Mensch	5,00	15,0	30
Hund	6,59	15,8	24
Schwein	7,44	16,0	22
Kaninchen	5,86	11,9	20
Rind	5,72	10,8	19
Pferd	6,94	12,4	18
Schaf	10,70	12,0	11
Ziege	13,94	10,9	8

Setzt man nun beim Menschen und bei diesen Säugetieren den mittleren Gehalt eines Erythrocyten an Hämoglobin in Beziehung zur mittleren Oberfläche eines Erythrocyten, so stellt sich heraus, daß der Quotient

$$\frac{\text{Hämoglobingehalt eines Erythrocyten}}{\text{Oberfläche eines Erythrocyten}} = \text{konst.}$$
 ist und rund $32 \cdot 10^{-14}$ g beträgt.

Bei der Berechnung geht man so vor. Man stellt ein Blutausschlagpräparat her, in welchem die Erythrocyten zum Antrocknen kommen. Da man ihre Dicke unter diesen Umständen praktisch vernachlässigen kann, so ergibt sich ihre Oberfläche O aus der doppelten Kreisfläche. Man braucht also nur den Durchmesser d mit einem geeichten Okularmikrometer zu messen, um

$$O = 2 \left(\frac{d}{2} \right)^2 \pi = d^2 \cdot 1,57$$

zu erhalten. Dividiert man nun den Hb_e-Gehalt durch die Oberfläche in μ^2 , so gelangt man zu dem Hb-Gehalt pro μ^2 Oberfläche. Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Berechnung.

Versuchsobjekt	Mittlerer Hämoglobingehalt eines Erythrocyten in 10 ⁻¹² g	Mittlerer Durchm. eines Erythrocyten in μ	Mittlere Oberfl. eines Erythrocyten in μ^2	Mittlerer Hämoglobingehalt pro μ^2 Oberfl. in 10 ⁻¹⁴ g
Mensch	30	7,92	98,4	31
Hund	24	7,26	82,7	29
Schwein	22	6,60	68,4	32
Kaninchen	20	6,60	68,4	29
Rind	19	5,94	55,4	34
Pferd	18	5,94	55,4	33
Schaf	11	4,62	33,6	33
Ziege	8	4,00	25,1	32

Mittel 32

Das Hämoglobin ist also in einer merkwürdig gleichmäßigen Weise auf die Oberfläche der Erythrocyten des Menschen und der Säugetiere verteilt. Man wird daher, wenn das Gesetz allgemein gültig ist, nur den Durchmesser der Erythrocyten

irgendeiner Säugetierart zu messen brauchten, um den Hb_E -Gehalt der betreffenden Erythrocyten voraussagen zu können, denn es müssen sich diese Gehalte wie die Quadrate der Durchmesser verhalten.

Zur Probe aufs Exempel wurden die Erythrocyten der weißen Ratte benutzt und aus dem Durchmesser $18 \cdot 10^{-12}$ g Hb_E -Gehalt vorausgesagt. Die Untersuchung von 10 Tieren ergab in der Tat als Mittel diesen Wert.

Sogleich erhebt sich die Frage nach dem Sinn dieser auffallend gleichmäßigen, auch in deszendenztheoretischer Hinsicht bemerkenswerten Verteilung des Hämoglobins auf die Oberfläche der Erythrocyten. In Analogie zu der eingangs er-

wähnten Koppelung biologisch wichtiger Systeme wird man mit Rücksicht auf das Rubnersche Oberflächengesetz des Stoff- und Energiewechsels erwarten dürfen, daß hier noch weitere wichtige Zusammenhänge zwischen dem spezifischen Sauerstoffbedürfnis des Organismus und seiner Organe, der Sauerstoff durchlassenden Oberfläche der Kapillaren, der Sauerstoff übertragenden Oberfläche des Gesamtblutes und des den Lungen mit jedem Herzschlag zugeführten Schlagvolumens, der respiratorischen Oberfläche der Lungen und der gesamten Körperoberfläche bestehen, denn das Hämoglobin hat ja gerade den Stoff zu übertragen, der für die exothermischen Prozesse des Körpers so notwendig ist, eben den Sauerstoff.

Vom Sprechenlernen der Papageien.

Von Fritz Braun, Danzig.

Schon in früheren Arbeiten wies ich darauf hin, daß die Zähmung der meisten Kleinvögel viel mehr eine Gewöhnung an ihre neue Umwelt als eine Befreundung mit einem bestimmten Menschen bedeute, und daß ihr Pflegeherr für die Pfleglinge in der Regel nur einen von den Vögeln begrifflich mangelhaft begrenzten, kaum als Individuum erkannten Teil der Umwelt bilde. Ganz zufällig fiel mir inzwischen ein Ausspruch *Adolf Oberländers* — Maler sind mitunter ganz treffliche Beobachter der Natur und ihrer Geschöpfe! — in die Hände, der alles das, worauf meine Ausführungen zielten, ebenso klug wie klar zum Ausdruck bringt.

Der betreffende Maler ist *Adolf Oberländer*, und er trifft den Nagel auf den Kopf, wenn er uns erzählt: „Ich hab’ einen Kanari, einen recht possierlichen Kerl. Meine Nase und meinen Bart liebt er zärtlich, meine Fingerspitzen haßt er, vom Ärmel meiner wollenen Joppe ist er entzückt, mein Strohhut aber erfüllt ihn mit Entsetzen — daß alle diese Dinge zu einer Person gehören, begreift er nicht. Wenn die Weisen das Wesen Gottes zu erklären suchen, muß ich immer an meinen Kanari denken.“

Adolf Oberländer hat hier den Kern der Sache klarer erfaßt als zahllose alte Tierpfleger, denen man den Glauben nicht ausreden kann, daß ihre Pfleglinge sie als Individuum genau kennen und sich durch keine Verkleidung täuschen lassen. Die Vögel, um die es sich dabei handelt, sind in der Regel solche Tiere, die in Kaufläden, Barbierstuben, Gasträumen an eine beständig wechselnde, ewig belebte Umwelt gewöhnt wurden, so daß sie sich nicht so leicht außer Fassung bringen lassen.

Hier werfe ich bei der Reinschrift den Halter hin, der wie nach meinem Velourhut und gehe ins Vogelzimmer. Jeder Vogel, an dessen Käfig ich trete, beginnt ängstlich zu flattern, ein alter Stieglitz (*Carduelis carduelis* L.), der sich wegen eines steif verheilten Beines nicht gern bewegt,

gerät ganz außer sich; nur mein alter Star benimmt sich genau so wie sonst. Darauf statte ich noch der Stube einen Besuch ab, in welcher ein Grauedelsänger und drei Großpapageien hausen. Der Grauedelsänger (*Fringilla musica* Vieill.), einer meiner ältesten, zahmsten Vögel, beginnt bei meinem Anblick sogleich zu flattern, während die Papageien mich ganz wie sonst in freudiger Erregung willkommen heißen.

Nun darf ich mit gutem Gewissen den schon vorher aufgezeichneten Satz der Reinschrift einverleiben: daß meine Vögel mich wirklich als Individuum kannten, glaube ich nur von einigen besonders zahmen Starvögeln und dann von vielen, vielen Pfleglingen aus der Familie der Psittacidae, von den großen Kakadus und Amazonen bis herab zu den vergleichsweise winzigen Sitticharten. Aber selbst diese Aussage bedarf gleich wieder einer Einschränkung. Es widerfährt mir mitunter, daß meine Papageien mir in die Finger beißen, wenn ich mit der Hand in die Sprossen des Käfigs greife, um sie von einem Platz zum andern zu tragen. Anfänglich war ich durch solches Tun der sonst so zutraulichen Vögel arg verschnipft, bis ich mir darüber klar ward, daß der Angriff gar nicht ihrem Pflegeherrn galt, über dessen Beziehungen zu den in ihren Käfig gestreckten Fleisch- und Knochenklammern sie sich sicherlich nicht im klaren waren.

Schon im grauen Altertum wurde uns vielerlei von der Zähmbarkeit und Gelehrigkeit der Papageien erzählt, und zwar handelte es sich damals in der Hauptsache um Edelsittiche (*Palaeornidae*). Im allgemeinen stehen aber gerade diese Arten hinsichtlich der Eigenschaften, von denen wir hier sprechen, durchaus nicht obenan, sondern erscheinen im Vergleich zu den amerikanischen Sittichen, besonders den Conuridae, recht starr und unbildsam. Während aus vielen Kakadus, Graupapageien, Amazonen und amerikanischen Sittichen in der Gefangenschaft ganz andere Ge-

schöpfe werden, mit einem völlig neuen Ton-schatz, den sie oft genug in ganz persönlicher Weise zum Ausdruck ihrer Affekte verwenden, sind die Edelsittiche in der Regel recht schwer zähmbar und behalten auch als gezähmte Vögel noch ein sehr selbständiges, ablehnendes Wesen, in dem wir vergeblich nach der katzenartigen Schmiegsamkeit vieler Keilschwanzsittiche und der hundeartigen Hingebung der Kakaduarten suchen. Das schließt nicht aus, daß der eine oder andere Edelsittich zum vorzüglichen Sprecher wird, der durch seinen Sprachschatz die Zuhörer immer wieder in Erstaunen versetzt. Es handelt sich bei solchen Vögeln, mögen sie auch nicht *allzu* selten sein, doch immer noch um jene Ausnahmen, welche schließlich die Regel nur bestätigen. Pflaumen- und Rosenkopfsittiche (*Psittacus cyanocephalus* L. und *Psittacus roseiceps* Reuß) sind, namentlich dann, wenn sie jung in die Hände eines verständnisvollen Tierpflegers kommen, von allen Edelsittichen noch am bildsamsten und formbarsten, aber selbst diese Arten besitzen recht oft noch sehr viel von dem störrischen Charakter ihrer Sippegenossen.

Die amerikanischen Sittiche unterscheiden sich von den Edelsittichen durch die ganze Art ihres Temperaments etwa so, wie sich der deutsche Star von den Rabenvögeln, der Zeisig (*Chrysomitris spinus* L.) von den Grünfinken (*Chloris chloris*, L.) unterscheidet. Sie sind viel quecksilbriger, beweglicher, unstäter; bei ihren gegenseitigen Liebkosungen vermissen wir das gravitätische Benehmen der Alexandersittiche, die sich zwar auch fortwährend im Gefieder krauen, aber selbst bei so traulichem Tun nur allzu oft mit schrillen Gekreisch zurückfahren, um sich gegenseitig minutenlang mit unruhig zitternder Iris zu mustern. Der grundlegende Unterschied ihres Temperaments kommt gewissermaßen schon in der Art zum Ausdruck, wie sie ihr Gefieder tragen. Gesunde und lebensfrohe Palaeornidae sehen in der Regel so glatt aus wie frisch gestrichene Porzellanfiguren und tragen ihr Federkleid wie ein Wams aus schlichtem Stoff, während die Conuridae sich zumeist etwas aufplustern, so daß jede Feder als selbständiges Gebilde erscheint.

Was das Sprechlernen angeht, zeigen die Conuridae mitunter viel Geschick, aber keinen rechten Eifer; in den meisten Fällen haben sie auch zu spielerischen Lautübungen nicht genug Sitzfleisch, so daß sie nur solche Töne meistern lernen, die ihnen sozusagen nebenher zufliegen. Dabei werden sie durch ihre hohe kreischende Stimmelage in den Stand gesetzt, auch allerlei scharfe, gewissermaßen zugespitzte Silben und Tongebilde nachzuahmen. Mein Name „Fritz“ pflegte ihnen viel weniger Mühe zu machen als den Kakadus und Amazonen. Dabei sind sie, wie wir bereits hervorhoben, viel leichter zähmbar als die Edelsittiche und zumeist von geradezu katzenartiger Schmiegsamkeit. Rechter Verlaß ist aber auf sie nur selten, und wenn dir der

zahme Gelbwangen- oder Kaktussittich (*Psittacus pertinax*, L., *Psittacus eactorum* Pr. Wd.) in den Ärmel gekrochen ist und dort seelenvergnügt herumkaudert, mußt du doch mit der Möglichkeit rechnen, daß er dir beim Herauskommen gehörig in die Finger beißt. Im ersten Augenblick erscheint es uns recht befremdlich, daß so gesellige und gleichzeitig so stark und scharf bewehrte Vögel wie die Psittacidae sich im Freileben nicht viel häufiger gegenseitig verletzen, obgleich doch der recht gefährliche Hakenschwabel der beständige Dolmetsch ihrer Gefühle ist. Das liegt sicherlich daran, daß die Waffen der Individuen nicht nur gut, sondern auch gleich sind. Tut eines dem andern weh, so trifft es sofort auf dieselbe Gegenwirkung, die von jeder Fortsetzung der Feindseligkeiten abschreckt. Der menschliche Pfleger, dem ein auf der Hand sitzender Sittich in die Finger beißt, ist dagegen zu ganz unverhältnismäßigen Gegenmaßregeln genötigt, die doch nicht soviel erreichen wie der Schnabel eines Artgenossen. Jedenfalls kommt die temperamentvollere Art der Conuridae bei einem Vergleich mit den Edelsittichen immer wieder zu vollster Geltung. Keiner meiner Alexander-, Bart- und Pflaumenkopfsittiche (*Psittacus torquatus* Bodd., *Psittacus lathami*, Frisch., *Psittacus cyanocephalus*, L.) forderte mich je aus eigenem Antrieb zum Spielen auf, keiner von ihnen kletterte unwillig an die Käfigsprossen, wenn ich mich von ihm entfernen wollte, und gab dann durch schrillstes Geschrei seinem Unmut Ausdruck, wenn er mein Vorhaben nicht vereiteln konnte. Alles das war bei den amerikanischen Sittichen, die längere Zeit in meinem Besitz blieben und als gezähmt gelten durften, durchaus die Regel.

So verschieden die Conuridae in ihrer Haltung, ihren Bewegungen und ihrem Temperament sonst auch von den Kakadus sein mögen, gerade in der Hinsicht gleichen sie ihnen nur allzu gut. Auch diese beginnen fast immer ein furchtbares Geschrei, wenn ihr Herr, der sich noch eben freundlich mit ihnen beschäftigte, das Zimmer verlassen will. Trotzdem wurden die Kakadus in viel höherem Grade meine Lieblinge, weil sie nichts von der Unzuverlässigkeit und Oberflächlichkeit der Keilschwanzsittiche haben, sondern *über* gut erzogenen, treuen Hunden gleichen, auf die sich ihr Herr in jeder Hinsicht verlassen kann. Wer sich einen Großpapagei sozusagen zum Freunde erziehen möchte, handelte sicherlich am richtigsten, wenn er einen möglichst jungen Rosakakadu (*Psittacus roseicapillus*, Vll.) zu bekommen suchte.

Allerdings müssen wir auch hier mit der leicht unterschätzten Weite der individuellen Unterschiede rechnen, die um so größer werden, je höher wir zu intelligenteren Tierformen emporsteigen: Beispielsweise gehört der Nacktaugenkakadu (*Psittacus gymnopsis*, Schl.) zu den lebenswürdigsten seiner Art. Dennoch habe ich solche Nacktaugenkakadus besessen, mit denen bei dem aller

besten Willen und der größten Geduld nichts anzufangen war, weil ihnen offenbar die Gattung Mensch schon in allzu garstigen Vertretern begegnet war. Stellte man sich vor einen solchen Vogel, so geberdete er sich nicht etwa in der Weise furchtsam, daß er flatterte und zu flüchten versuchte. Er saß im Gegenteil ganz ruhig da, ließ aber keinen Blick von seinem Beobachter und verriet durch sein Benehmen nur zu gut, daß er das Gefühl habe, vor ihm stehe „Feind Mensch!“ Da mochte man denn ruhig ein Viertelstündchen nach dem andern begütigend auf ihn einreden, sein Augenausdruck war und blieb der gleiche, und versuchte nach solcher parlamentarischen Vorbereitung der tastende Zeigefinger die zarteste Liebkosung, so war ein derber Schnabelhieb die einzige Antwort. Bei manchem Trotzkopf beharrte ich mit unerschütterlicher Geduld wochenlang bei meinen Zähmungsversuchen. Ich war aber am Ende genau so weit wie am Anfang und mußte zufrieden sein, wenn ich die Unnahbaren durch Tausch, gegebenenfalls unter Drangabe beträchtlichen Aufgeldes, wieder los wurde. Ebenso lernte ich auch Rosakakadus kennen, die Jahr und Tag in guten Händen waren und doch, weder wild noch zahm, durch ihre Gleichgültigkeit gegen ihre menschliche Umgebung schließlich auch dem Wohlgesinnten völlig entfremdet wurden, obgleich gerade diese Rotröcke hinsichtlich ihrer Fähigkeit, rechte „Menschentiere“ zu werden, nur von wenig Geschöpfen übertroffen werden.

Gerade weil diese geselligen Vögel fortwährend mit scharfbewehrten Artgenossen zu tun haben, sind sie bei aller hingebenden Zärtlichkeit und rührenden Schmiegsamkeit in anderer Hinsicht doch recht sorgfältig auf ihre Sicherheit bedacht. Solange Schnabel mit Schnabel kost, ist die Gefahr nicht groß, denn jeder Angriff stößt sofort auf die gleichen Verteidigungswaffen. Anders steht es dagegen mit den Füßen. Viele sonst recht zahme Papageien lassen sich nur sehr ungern an die Beine fassen. Zeigt mir ein Vogelpfleger, daß seine Kakadus sich ohne jede Besorgnis an den Füßen streicheln und ergreifen lassen, so werde ich seinen Pfleglingen schon daraufhin einen hohen Grad der Zähmung zuerkennen. Immer wieder spielen die Füße im Affektleben der Papageien eine sehr große Rolle. Mein Mohrenkopf (*Psittacus senegalus*, L.) bot niemals einen so komischen Anblick dar, als wenn er sich geradezu viertelstundenlang mit den Zehen im eigenen Kopfgefieder herumkraute; es handelte sich dabei um überaus fein bemessene Hautreize, und man sah es dem Vogel ordentlich an, wie angenehm ihm solche Berührung sei. Erwarten meine Kakadus Liebkosungen ihres Pflegeherrn, so halten sie in der Regel einen Fuß empor und machen mit den Zehen allerlei recht nervös erscheinende Bewegungen. Daher kommt es auch, daß man ihnen oft genug das Füßchengeben gar nicht beizubringen braucht; sie kommen beim Spiel mit ihrem Herrn ganz von selber darauf.

Nähere ich mich dem Käfig meines Nacktaugenkakadus, so hängt er sich sehr häufig mit dem Schnabel an eine Quersprosse und streckt mir beide Füße zum Willkommen vertrauensvoll entgegen. Leider findet er dabei nur selten rechtes Verständnis, denn ich müßte schon ein Götz von Berlichingen sein, um seinen Liebkosungen auf die Dauer trotzen zu können. Darum schrieb ich bereits 1908 (*Gef. Welt* S. 204), zu einer Zeit, da ich im Zähmen von Papageien so recht mitteninne steckte: „Die Füße der Papageien bedeuten für diese Vögel unendlich wichtige mechanische Werkzeuge. Glieder von solcher Bedeutung, die im Spiel nicht weniger als im Ernst gebraucht werden, pflegen aber bei jeder Erregung des Tieres bewegt zu werden. Ein aufgeregter Affe trommelt wohl mit den Händen, ein erregter Teckel scharrt dann mit seinen Grabfüßen und ein aufgeregter Kakadu bewegt aus demselben Grunde Schopf, Schnabel und Füße. Auch geschlechtliche Erregung veranlaßt zuweilen Papageien und Sittiche, die Füße fortwährend aufzuheben und niederzusetzen. Es verdient vielleicht darauf hingewiesen zu werden, daß die Hände des Menschen eine ähnliche Rolle spielen; wenn wir auch nicht alle „mit den Händen reden“, machen wir doch immer wieder die Bemerkung, daß ein erregter Mensch nicht weiß, wo er mit den Händen bleiben soll.“

Bei der Suche nach diesem Zitat las ich auch wieder einmal meinen Bericht von der gar nicht so leichten Zähmung gerade dieses Rosakakadus, der heute zweifellos in meiner Vogelstube der Zahmste der Zahmen geworden ist. Bei meinem Nahen steckt er fast regelmäßig den Kopf in den am Gitter angebrachten Futternapf. In dieser Haltung, bei welcher er von mir rein nichts sehen kann, läßt er sich dann ganz nach Belieben streicheln und krauen, ja, auch wohl zausen, und die kurzen, knappenden Laute, die aus dem Versteck hervortönen, machen mir nur sein allerhöchstes Wohlbefinden kund. Sitzt er bei solchen Liebkosungen auf der Sprosse, so pflegt er dabei an einem Fuß herumzuknabbern, auch wieder ein Beweis dafür, wieviel dies Organ mit dem Triebleben der Vögel zu tun hat. Ein Star, für den der Schnabel eine ähnliche Bedeutung hat, wie für die Papageien, würde niemals darauf verfallen, weil der die Füße nur zum Gehen und Laufen braucht.

Derselbe Kakadu litt vor Jahren an einem furunkelartigen Geschwür am After, das er sich durch Scheuern am Käfigboden (Geschlechtstrieb!) zugezogen hatte. Dieses Geschwür mußte regelmäßig mit Jod gepinselt werden, und auch in dieser Notlage gab der Vogel die besten Beweise seiner Zähmung. Denkt man an den stark bewehrten Kakadu, so erscheint die Aufgabe, eine schmerzhaft Behandlung an ihm durchzuführen, etwa dem Vorhaben zu gleichen, einen Affen einzuseifen und zu rasieren. Der Kakadu war aber so verständig, daß seine Pfleger, meine Frau und

ich, die vielfach zu wiederholenden Eingriffe ohne große Mühe und ernste Gefährdung zustande brachten. Wie sehr gerade die Kakadus an mir hängen, sehe ich immer wieder, wenn ich nach längeren Reisen zur Nachtzeit nach Hause komme. Kaum hören die Vögel meine Stimme, so beginnt auch schon ein lautes Freudengeschrei, das nicht eher endet, als bis ich an ihre Käfige herangetreten bin, obgleich sie sich sonst zu solcher Zeit noch niemals gemeldet haben.

Hinsichtlich der Lautäußerungen der sprechenden Papageien richtete ich meine Aufmerksamkeit in letzter Zeit hauptsächlich auf die Töne, durch welche sie gewohnheitsmäßig bestimmte Affekte zum Ausdruck bringen. Man sollte meinen, diese seien als ererbter Besitz gewissermaßen verhärtet und unterlägen kaum einem merklichen Wandel. In Wirklichkeit verhält es sich jedoch ganz anders. Von sechs Blausirnamazonen (*Psittacus aestivus*, Lath.), die Jahr und Tag in Gefangenschaft lebten, stimmen sicherlich nicht zwei hinsichtlich dieser Laute durchaus überein, sondern diese Lautäußerungen bestehen aus allerlei Getön, das im wesentlichen nur die Tonlage gemeinsam hat. Will meine Blausirnamazone ihrer Befriedigung Ausdruck geben, etwa deshalb, weil sie merkt, ich hätte anstatt des Hafers ihr den willkommeneren Hanf zugemessen, so läßt sie ein gemütliches Brummeln hören, bei dem noch ein arteigentümlicher Affektton mitklingt. Ist ihre Freude noch größer, beispielsweise bei dem Verabreichen eines Stückes Kuchen, so stößt sie wiederholt ein leises, zwar scharf, aber doch sehr freundlich klingendes *Lo-hi* — *Lo-hi* aus, dessen Verwandtschaft mit ertauschtem Menschenlaut ganz unverkennbar ist. Auch mein Rosakakadu läßt in einer Stimmung, bei der in der Freude über einen erhaltenen Leckerbissen wohl geschlechtliche Erregung mitzittert, ein heiseres, tonloses Krähen hören, das ich von anderen Rosakakadus nicht vernommen habe. Erst bei äußerster Erregung, etwa in höchster Furcht bei dem plötzlichen Erscheinen eines fremden Hundes, wird das Getön des schon jahrelang gefangenen Kakadus wieder reiner Naturlaut, ein elementarisches Geschrei, durch dessen Stärke und grelle Tonlage der Feind erschreckt werden soll.

Es liegt nahe, daß der menschliche Pfleger dem Geschrei der Papageien dadurch Einhalt zu tun sucht, daß er die Schreier selbst laut schilt und gebieterisch anschreit. Dieses Benehmen ist aber so verkehrt wie nur möglich. Schon der Nachahmungstrieb veranlaßt dann die Vögel, ihrem Herrn zu zeigen, daß sie selber das Schreien mindestens ebensogut verstehen.

Wenn wir uns hier über die Lautäußerungen der Papageien in so gelehrter Weise unterhalten, möchte der Leser wohl glauben, ich wäre in jedem Fall, wo meine Papageien fortwährend schreien, mit Leichtigkeit imstande, den Grund dieses un-erquicklichen Benehmens festzustellen. Zu meiner

Schande muß ich eingestehen, daß dies durchaus nicht zutrifft, und oft genug, wenn meine Frau mir mißlautig zuruft: „Warum schreit die Lora nun wieder in einemzu?“ muß ich ihr wahrheitsgemäß bekennen: „Ich beschäftige mich mit dem Seelenleben der Papageien erst seit 30 Jahren, da kann ich unmöglich schon so weit sein, daß ich solche Ansprüche zu befriedigen vermag.“ Meiner Meinung nach handelt es sich in den meisten Fällen um den Lockruf, der dem Vogel durch das Gefühl des Alleinseins ausgepreßt wird. Das Hervorbringen dieser Töne kostet den Papageien so wenig Anstrengung, daß es ihnen gegebenenfalls nichts ausmacht, ein halb Stündchen oder zwei dabei zu verharren. Das Verabfolgen eines Leckerbissens hilft dann erfahrungsgemäß nur vorübergehend. Mitunter auch gar nicht, denn diesen geselligen Tieren bedeuten die Freuden der Geselligkeit leichtlich mehr als allerlei Leckerbissen. Wirft doch mein Rosakakadu fast immer die erlesensten Leckerbissen fort, um mir dafür den Kopf zum Krauen hinzuhalten. So kann ich dann auch das zäheste Geschrei ganz willkürlich dadurch hervorbringen, daß ich meine Papageien in verschiedene Zimmer setze. Dann schreien sie eben so lange, bis sie wieder beisammen sind. Wie lange sie mit dem Geschrei fortfahren würden, habe ich bisher noch nicht ausprobiert. Dem fühle selbst ich mich nicht gewachsen, so unempfindlich ich auch im allgemeinen gegen das Getön meiner Pfleglinge sein mag. Der Wahrheit zuliebe möchte ich dabei aber noch bemerken, daß manche Sittiche es sehr viel besser können, als die Großpapageien. Meinen Erfahrungen zufolge verdient in dieser Hinsicht der Mönchssittich (*Psittacus monachus*, Bdd.) die Palme. Wer ihn zwei, drei Stunden maschinenmäßig kreischen hörte, weiß, was es mit dem Geschrei wirklich leistungsfähiger Papageien auf sich hat.

An die Erfahrungen, die wir mit den Affektläuten der Papageien gemacht haben, müssen wir uns auch halten, wenn wir die Frage beantworten wollen, ob die Papageien den Sinn der von ihnen erlernten Worte richtig begreifen können. So viel darüber auch geschrieben ist, ist das Entscheidende doch kaum klar und unzweideutig ausgesprochen worden. Ob es sich dabei nicht um die Feststellung handeln müßte, daß unsere Krümm-schnäbler alles Getön stimmungs- und nicht begriffsgetreu verwenden? Dabei möchten wir aber doch nicht ableugnen, daß sie auch gewisse ganz einfache Begriffe mit ihren Erscheinungen assoziieren können, indem sie etwa die Worte Obst, Zucker, Kuchen zu den entsprechenden Gegenständen in die rechte Beziehung setzen. Sonst bleiben aber die erlernten Worte und Sätze, wie immer sie auch lauten mögen, reine Affektlaute und nicht ihr Sinn, sondern die Klangfarbe, in der sie sich diese Worte aneigneten, entscheidet darüber, ob sie in fröhlicher oder zorniger Stimmung gebraucht werden. Deshalb kann man einen

Papagei mitunter fast konfus machen, wenn man das zutunliche Tier, das sich dem Pflegeherrn gerade in anschnlegendster, liebenswürdigster Laune naht, mit halblauten Tongebilden anredet, deren Stimmungswert grade von entgegengesetzter Art ist.

Weil dergestalt der Stimmungswert der Lautäußerungen, welche die Papageien zum besten geben, der ganzen Lage trefflich zu entsprechen pflegt, neigt der Mensch dazu, den Krummschnäbeln einen verstandesgemäßen Gebrauch der Worte anzudichten, besonders in solchen Fällen, wo noch ein besonderes Situationsgedächtnis mitspielt. Was ich darunter verstehe, werden zwei Beispiele aufs Beste verdeutlichen.

Bloß durch die rechte Wahl des Affektes machte mich einst mein Rosakakadu hell auflachen, als ich ihn durch eine ungeschickte, hastige Bewegung samt seinem Bauer zur Erde geworfen hatte und der erschrockene Vogel nun in der befremdlichen Lage immer wieder und wieder die Worte: „Na, Jakobchen“ in bleicherer, hoher Tonlage hervorstieß. Dagegen spielt auch das Situationsgedächtnis mit, wenn mein Nacktaugenkakadu jedesmal, wo ich einen dem Käfig ent schlüpften Vogel nach ermüdender Jagd erwischte, die Sache mit der Frage zum Abschluß bringt: „Hast Du Dir auch weh getan?“

Es bleibt nun noch die Fragestellung, was wir tun sollen, um die Papageien zum Sprechen zu bringen. Glückte es Dir, einen besonders begabten Vogel zu erwischen, so darf die Antwort darauf getrost: Rein nichts! lauten. Solche Vögel erhaschen ganz von selber in kürzester Frist das eine Wort, den anderen Satz und steigern die Teilnahme für ihre Kunst noch durch den Reiz der Überraschung. Das gilt sogar für sprechende Stare. Ich habe deren zwei besessen, die beide ihre Kunst sich eigentlich selbst verdankten. Ich brauchte ihnen nur dadurch zu Hilfe zu kommen, daß ich ihnen das Wort, mit dem sie sich abmühten, dann und wann deutlich und klar vorsprach, bis sie es endlich wirklich herausbekommen hatten.

Sonst empfiehlt es sich, den Tieren abends in der Dämmerstunde Unterricht zu erteilen, indem man sich zu ihnen setzt und ihnen die betreffenden Worte wieder und wieder vorspricht. Man darf dabei sein Tun niemals aus dem Grunde für verlorene Liebesmühe halten, weil die Papageien keinerlei Nachahmungsversuche machen. Auch ohnedem haften die Lautbilder in ihrem Gedächtnis, und nicht selten überraschen sie uns mit deren Wiedergabe zu Zeiten, wo wir das am wenigsten erwartet hätten. Ist der Vogel nicht geradezu unbegabt, so wird er auf solche Weise sicherlich ein paar Worte sprechen lernen, doch vermag hier Fähigkeit das, was an Begabung fehlt, nur selten zu ersetzen. Dabei ist die Plauderlust der Vögel, ihre Neigung, die Stimme spielerisch zu üben, durchaus nicht zu allen Zeiten

gleich. Manchmal scheint sich eine Amazone ein paar Wochen lang selbst übertreffen zu wollen, und dann lernt sie wieder in langen Monaten nicht das geringste hinzu. Mein Nacktaugenkakadu ist ein sehr begabter Sprecher, aber es ist zweifellos mancher Mond vergangen, in dem er *keine Silbe* zum besten gab. Hätte ich ihn zu solcher Zeit an andere abgegeben, so wäre ich als ein schöner Betrüger verschrien worden. Dann kommen aber wieder Tage, an denen sich „Tessi“ — trotz des Namens ist's ein Männchen — gar nicht genug tun kann. Besonders sind das recht stille Sommer nachmittage, wo die liebe Sonne freundlich ins Gemach scheint und die kleineren Stubengenossen ihr Abendlied noch nicht begonnen haben.

Auch darauf möchte ich noch hinweisen, daß frisch gefangene Papageien in der Regel nur in recht ausgeglichener, ruhiger Stimmung zu sprechen pflegen, während solche, die schon rechte Haustiere geworden sind, grade in der Erregung menschliche Worte heraussprudeln. Solch zahme Vögel pflegen Neues hauptsächlich dann aufzuschnappen, wenn ihre Umwelt sich wesentlich verändert hat. Wechselte beispielsweise ein solcher Vogel viermal seinen Besitzer, so darf man mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß er den größten Teil seines Sprachschatzes in den ersten Wochen erwarb, die er bei einem neuen Pflegeherrn verlebte. Das ist sicherlich *nicht nur* darauf zurückzuführen, daß auch die Menschen sich um einen neuen, noch unbekannten Hausgenossen am meisten zu bekümmern pflegen.

Hinsichtlich der Fähigkeit, einmal Erlerntes zu behalten, sind die Papageien natürlich individuell äußerst verschieden, doch darf man wohl sagen, daß ihr Lautgedächtnis rein begrifflich schier unbegrenzt ist. Wenn unsere Lora, unser Jakob irgendein Wort, das er schon sprach, Jahr und Tag nicht hören ließ, müssen wir doch damit rechnen, daß er es bei guter Gelegenheit wieder einmal hervorstößt, und zwar am ehesten bei irgendeiner größeren Erregung, die plötzlich über ihn gekommen ist.

Diese Feststellungen mögen unsere Leser recht dürftig dünken, namentlich dann, wenn sie sich vergegenwärtigen, daß sie die Frucht jahrzehntelanger Mühen sind. Doch ich will keinen falschen Anschein zu erwecken suchen. „Mühen“ waren das nicht, höchstens Mühen jener freudespendenden, tiefste Befriedigung gebärenden Art, wie sie das Streben nach wissenschaftlicher Erkenntnis in allen Fällen mit sich bringen sollte; haben doch schon die alten Hellenen die Göttin Athene als eine königliche, lebensfrohe Frau und nicht als ein mühselig Scheuerweib gebildet. Und hätte nicht der Ornithologe ein besonders gutes Recht, dieser Göttin mit den leuchtenden Augen zu dienen, deren Helm doch das Bildnis des drolligen Käuzchens zu zieren pflegte?

Besprechungen.

Madelung, Erwin, Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers. Bd. IV der „Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen“. Berlin, Julius Springer, 1922. XII, 247 S. und 20 Abbild. 16 × 24 cm. Preis Gz. geh. 8.25; geb. 10.

Wie Verfasser im Vorwort mitteilt, hat ihm bei Schaffung seines Buches als Ideal ein „theoretischer Kohlrausch“ vorgeschwebt. Und der Wurf ist ihm im ganzen sehr gut gelungen. Ein Nachschlagewerk für Physiker ist entstanden, kein mathematisches Lehrbuch. Dementsprechend sind mathematische Beweise weggelassen, höchstens angedeutet. Es werden nur Definitionen, der Grundbegriffe, Ansatzbildungen und Ergebnisse gegeben, gerade das, was der Physiker unbedingt wissen muß. Das Buch zerfällt in einen rein mathematischen und einen physikalischen Teil. Im ersten werden alle für die Physik wichtigen Gebiete der Mathematik behandelt, besonders ausführlich Funktionenlehre, Differentialgleichungen, Transformationen, Vektoranalysis. Es folgen Abschnitte über Wahrscheinlichkeitsrechnung, Prinzipien und Hauptsätze der Mechanik, Elektrizitätslehre, Relativitätstheorie, Thermodynamik. In gedrängter Kürze findet der Physiker hier übersichtlich alles zusammengetragen, was er braucht, und was er sich sonst mühsam aus mathematischen Werken heraussuchen muß. Besonders hervorzuheben sind die ganz vorzüglichen klaren Figuren, die die Anschauung wesentlich unterstützen, z. B. bei den Abbildungen durch Funktionen komplexen Arguments u. a. m. Schade ist es, daß die Quantentheorie, das Plancksche Strahlungsgesetz, die Bohrsche Atomtheorie etwas stiefmütterlich behandelt sind. Die „Quantelung“ von Bewegungen spielt in der neueren Theorie eine große Rolle. Vielleicht darf ich, gerade im Hinblick auf den „praktischen Kohlrausch“, noch zwei Vorschläge äußern. Einmal werden an manchen Stellen reichlichere Literaturangaben (z. B. über mathematische Beweise) erwünscht sein, und dann würde ich es begrüßen, wenn bei einer Neuauflage das alphabetische Inhaltsverzeichnis sehr viel ausführlicher würde; gerade ein Nachschlagewerk kann in dieser Hinsicht nicht leicht zu viel tun. Alles in allem liegt hier eine vorzügliche Gabe vor, die in der Bibliothek jedes Physikers vorhanden sein sollte.

Ernst Landa, Berlin.

Hurwitz-Courant, Funktionentheorie. (Bd. III der „Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen“.) Berlin, Julius Springer, 1922. XI, 309 S. und 122 Abb. 16 × 24 cm. Preis Gz. geh. 13; geb. 16.

Die bestimmende Eigenschaft dieses Buches ist, zwei ganz verschiedenen Quellen zu entstammen. Im ersten Teile (erster Abschnitt: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen; zweiter Abschnitt: Elliptische Funktionen), der von A. Hurwitz herrührt, wird der Weierstraßsche Ideenkreis der Funktionentheorie entwickelt. In der Tat findet man Riemann nur einmal in diesem Teile zitiert, und die Riemannsche Fläche wird nur zum Schluß ganz kurz gestreift, um das elliptische Gebilde zu veranschaulichen. Die analytische Funktion wird durch Potenzreihen definiert. Wenn im vierten Kapitel einige spezielle Funktionen untersucht werden ($e^z \sin z$, $\cos z$, $\ln z$), so handelt es sich dabei um Ableitung ihrer kennzeichnenden Eigenschaften aus ihren Potenzreihen. Man vergleiche damit das gleichlautende Kapitel aus dem Lehrbuch der Funktionentheorie von L. Bieberbach — da steht die durch die

Funktionen vermittelte konforme Abbildung im Vordergrund —, und man hat einen deutlichen Begriff von den verschiedenen Methoden beider Darstellungen.

Es wäre aber verfehlt, nun anzunehmen, daß anschauliches Denken aus dem ersten Teile verbannt wäre. Man findet darin 85 Figuren — gegenüber den 41 des geometrischen Teiles —, und die Reinheit der Methode bestand für A. Hurwitz nicht in einer engherzigen Auszeichnung sog. „elementarer Methoden“, die das Verständnis zu erschweren pflegen. Die Darstellung atmet Sauberkeit und Sorgfalt; sie ist zugleich knapp, klar und inhaltsreich, und in der Tat scheint mir der Herausgeber recht zu haben, wenn er die Vorlesungen von A. Hurwitz ohne kaum ein Wort der Entschuldigung neben den schon vorhandenen Lehrbüchern dieser Disziplin erscheinen ließ).

Der zweite Teil „Geometrische Funktionentheorie“ von R. Courant rechtfertigt vielleicht die Besprechung des Werkes an dieser Stelle; denn, so liest man auf S. 245, „ihre Bedeutung liegt nicht nur in wichtigen neuen Resultaten, sondern auch in ihrer engen Beziehung zu hydrodynamischen und anderen physikalischen Anwendungen“. So heißt denn auch § 2 des 1. Kap. „Strömungen“ und § 6 des 2. Kap. „Das Poisson'sche Integral und seine Anwendungen in der Potentialtheorie“. Ferner können wir noch auf den bekannten Zusammenhang zwischen den Existenzbeweisen mittels des Dirichletschen Prinzips und der Konstruktion von Minimalfolgen bei Variationsproblemen verweisen.

Obzwar als Ergänzung zum ersten Teil gedacht, ist der zweite unabhängig vom ersten zu lesen, wenn man mit den Grundbegriffen der Theorie vertraut ist. In den ersten vier Kapiteln wird der Leser über die wichtigsten Sätze der konformen Abbildung unterrichtet. Der Abschnitt „gipfelt“ in der Kennzeichnung der analytischen Funktion durch das Riemannsche Abbildungsprinzip. Dabei hat es sich der Verfasser nicht zur Aufgabe gestellt, alle Methoden der modernen Theorie zu Worte kommen zu lassen. Vielmehr knüpfen die Existenzbeweise an den Gedanken des Dirichletschen Prinzips an. So wird auch hier die Reinheit des Aufbaus gewahrt.

Als erste Darstellung dieses Gedankenkreises in Form eines Lehrbuches bedarf auch der geometrische Abschnitt keiner weiteren Rechtfertigung. Der hier eingeschlagene Weg in die höhere Funktionentheorie, über dem die Namen Riemann und Hilbert leuchten, ist gewiß der schönste und trotz dieser Namen an der Eingangspforte der bequemste, nicht zum letzten dank den Bemühungen, die R. Courant selbst an diese Fragen gewendet hat.

K. Reidemeister, Wien.

Haas, Arthur, Vektoranalysis in ihren Grundzügen und wichtigsten physikalischen Anwendungen.

Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1922. VI, 149 S. Preis Gz. geh. 4; geb. 5.

Das Hauptgewicht dieser Schrift über Vektoranalysis liegt auf den physikalischen Anwendungen. Der Verfasser führt den Leser, stellenweise mit großer Eleganz, zu den Grundgleichungen und Grundtatsachen der theoretischen Physik. Behandelt sind: die Relativbewegung, speziell die Bewegung auf der rotierenden Erde (hier muß allerdings der Versuch des Autors, die Bewegung des Foucault'schen Pendels rein kinematisch zu erklären, die stärksten Bedenken

1) Vgl. den ersten Satz des Vorwortes.

erregen), ferner das Trägheitsellipsoid und die Bewegung des starren Körpers um einen festen Punkt, die Dynamik der deformierbaren Körper, speziell die der idealen Flüssigkeiten und der elastischen Medien, sowie die elastischen Wellen, endlich besonders ausführlich die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus von der Elektrostatik bis hin zu den Maxwell'schen Gleichungen und der elektromagnetischen Lichttheorie. Ein Schlußabschnitt über die spezielle Relativitätstheorie steht leider in viel zu loser Beziehung zu dem übrigen Werk; insbesondere tritt hier die Vektoranalysis gänzlich zurück, so daß er unbeschadet hätte fortbleiben können.

Die mathematischen Entwicklungen sind von den physikalischen Anwendungen getrennt gehalten, jedoch nur so weit geführt, wie es die Anwendungen erfordern; sie sind also durchaus nicht Selbstzweck. Erfreulich ist, daß die Vektoren und Tensoren (denn auch diese werden kurz behandelt) durch ihr Verhalten gegenüber orthogonalem Koordinatentransformationen charakterisiert werden, daß also der algebraische Invariantenbegriff implizit vorangestellt wird. Allerdings hat dies die Folge, daß nach meinem Geschmack zu viel mit den Projektionen der Vektoren und nicht mit den Vektoren selbst gerechnet wird. An manchen Stellen fehlt der Nachweis, daß die errechneten Beziehungen wirklich invariant sind, z. B. daß die Symmetrie eines Tensors eine invariante Eigenschaft ist. Leider wird auch nicht scharf genug zwischen den Komponenten und Projektionen eines Vektors unterschieden. — In der Fußnote auf S. 84 ist dem Autor ein Irrtum unterlaufen, der unbedingt hätte vermieden werden müssen.

Wenn auch das Büchlein kaum etwas Neues enthält, so zeichnet es sich durch seine gut lesbare Darstellung aus. Auch wird es mir bei einer Vorlesung über Vektorrechnung, die ich gegenwärtig halte, wegen seiner Beispiele entschieden von Nutzen sein.

H. Vermeil, Aachen.

Müller, Aloys, Der Gegenstand der Mathematik mit besonderer Beziehung auf die Relativitätstheorie. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1922. V, 94 S. und 3 Fig. 14 × 22 cm. Preis Gz. 3.

Diese Schrift geht aus auf eine Charakterisierung der mathematischen Wissenschaft vom Standpunkt der Gegenstandstheorie und zugleich damit auf eine scharfe Abgrenzung des mathematischen Erkenntnisbereiches gegenüber dem der benachbarten Wissensgebiete. Der Verfasser tritt der unter den heutigen Forschern verbreiteten Tendenz entgegen, welche innerhalb des Gesamtgebietes der theoretischen Wissenschaft keine prinzipiellen methodischen Grenzscheidungen anerkennen will.

So betont er einerseits den wesentlichen Unterschied zwischen dem spezifisch Logischen und dem Mathematischen, andererseits den zwischen Geometrie und Erfahrungswissenschaft, und zwar in der Weise, daß er die Verschiedenartigkeit der Gegenstände der betreffenden Wissenszweige hervorhebt.

Logik und Mathematik sind nach Aloys Müller schon deshalb von Grund aus verschiedene Gebiete, weil die Logik von etwas Geltendem, nämlich dem Urteilssinn und seinen Bestandteilen handelt, während die Objekte der Mathematik ideale (zeitlose) Existenz besitzen, also dem Bereich des Seienden angehören. Ebenso sieht Müller den grundsätzlichen Unterschied zwischen Geometrie und Physik auf seiten des Objekts, nämlich darin, daß die geometrischen Objekte ideale, zeitlos

existierende Gegenstände sind, während die Physik das sinnlich, zeitlich Wirkliche zum Gegenstand hat.

Diese gegenstandstheoretischen Unterscheidungen werden von Müller des näheren verfolgt. Insbesondere weist er darauf hin, daß die sinnlichen Gegenstände im Unterschied von den idealen Gegenständen einen unübersehbaren Inhalt an Bestimmungen aufweisen, worauf es auch beruht, daß zwei Dinge der sinnlichen Wirklichkeit nie vollkommen in ihrer Beschaffenheit übereinstimmen. Dieser „Heterogenität“ der sinnlichen Wirklichkeit steht die „Homogenität“ der Bereiche von idealen Gegenständen, insbesondere der mathematischen Gegenstandsbereiche gegenüber, wo jeder Gegenstand einen scharf umrissenen Inhalt an Merkmalen hat und darum in verschiedenen Exemplaren streng wiederholbar ist.

An diese Begriffe der Homogenität und Heterogenität knüpft nun Müller die Charakterisierung der theoretischen und empirischen Wissenschaften. Die Möglichkeit der Anwendung der Mathematik auf die sinnliche Wirklichkeit erklärt er dadurch, daß in der sinnlichen Wirklichkeit Heterogenität und Homogenität „in einzigartiger Weise so miteinander verbunden“ sind, daß eine Art von Projektion der sinnlichen Objekte ins Homogene, ein „Homogenisieren“ möglich ist.

In dieser Mischung von Heterogenität und Homogenität liegt auch ein wesentlicher Grund für die Anwendbarkeit der Induktion (d. h. des Schlusses von vielen beobachteten Fällen auf ein allgemeines Gesetz) in der Naturwissenschaft. Müller legt dar, warum im Gegenstandsgebiet der Mathematik, wo reine Homogenität vorliegt, die Methode der Induktion nicht anwendbar ist. Diese allerdings sehr knapp gefaßte Betrachtung bildet eine interessante und wesentliche Ergänzung einer Untersuchung von E. Zilsel („das Anwendungsproblem“).

Innerhalb der Gebiete des rein Homogenen ist nach Müller der Bereich der Mathematik durch das Moment des Quantitativen ausgezeichnet. Ihr nebengeordnet wird als eine methodisch gleichartige Wissenschaft die „Relationstheorie“, worunter Müller die wichtigsten Teile der mathematischen Logik und auch die Axiomatik einbegreift. Diese Disziplin wird von der Logik streng geschieden.

Für die Mathematik behält Müller die hergebrachte Zweiteilung in Arithmetik und Geometrie bei, und zwar begnügt er sich hinsichtlich der Arithmetik im wesentlichen mit der Betrachtung der ganzen Zahlen. Demnach gliedert sich für ihn die Untersuchung des Charakters der Mathematik in die zwei Teilfragen: „was die Zahl ist“ und „womit sich die Geometrie beschäftigt“.

Bei der Besprechung der ersten Frage wendet sich Müller besonders gegen die Versuche, die Zahlen als rein logische Objekte zu deuten, sowie auch gegen die Zurückführung der Zahl auf die Menge. Obwohl das Ergebnis dieser Auseinandersetzung mit der gegenwärtigen Tendenz der mathematischen Grundlagenforschung in gutem Einklang steht, so ist doch die Polemik gegen den Standpunkt von Frege und Russel unbefriedigend, zumal da der Grundgedanke des Russelschen Ansatzes, nämlich das Ausgehen von einem (im Sinne Müllers) heterogenen Gegenstandsbereich, für welchen mehrere Gegenstände eo ipso verschiedene Gegenstände sind, gänzlich übergangen wird.

Bei den Erörterungen über die Geometrie wird durch die von Müller ziemlich eigenmächtig gewählte Terminologie der Anschein einer stärkeren Abweichung

seiner Ansicht von der in der Wissenschaft heute herrschenden Auffassung erweckt, als sie wirklich besteht. In der Tat kommt Müller dieser Auffassung sehr nahe. Nämlich einerseits behauptet er, daß der „physische Raum“ ein Gegenstand der Erfahrung ist, zu dessen mathematischer Beschreibung der Physiker sich von der Geometrie das am besten passende Raummodell holt, andererseits erkennt er an, daß es grundsätzlich möglich ist, das System der Geometrie durch restloses Ausschalten alles Räumlichen in ein reines „Kapitel der Relationstheorie“ zu verwandeln.

Nun brauchte er hieraus nur die Konsequenz zu ziehen, daß für den Zweck der mathematischen Beschreibung des physischen Raumes das eigentlich Räumliche ganz eliminiert werden kann, indem als Modell anstatt einer Raumform ein System rein formaler Verknüpfungen genommen wird. Von diesem Gedanken ausgehend, gelangt man ohne weiteres zu dem Standpunkt der modernen Physik, und durch Berücksichtigung der verschiedenen terminologischen Möglichkeiten, welche Müller hartnäckig ignoriert, erkennt man auch die Hinfälligkeit der Einwendungen, welche er in betreff der Frage, „ob die Relativitätstheorie die Physik zur Geometrie macht“, gegen die Behauptungen verschiedener Forscher erhebt.

Was als Berechtigtes an Müllers Polemik gegen die herrschenden Ansichten über die Geometrie übrigbleibt, ist die Betonung der Tatsache, daß wir eine intuitive Kenntnis (ein Wissen) von räumlichen Gestalten haben, auf Grund deren die Geometrie als eine Wissenschaft von selbständigem Inhalt, analog der Zahlenlehre, behandelt werden kann.

Die Art aber, wie das spezifisch Geometrische von Müller gekennzeichnet wird, ist sehr unbefriedigend und gibt zu mancherlei Einwendungen Anlaß.

Vor allem fällt auf, daß (im Gegensatz zu der sonstigen Betonung der gegenstandstheoretischen Unterschiede) die innerhalb der Geometrie vorliegenden und von der Wissenschaft bereits klar herausgearbeiteten, methodisch wesentlich Gebietsunterscheidungen außer Acht gelassen werden. Insbesondere wird der Standpunkt der Geometrie im engeren Sinne, welche im Bereich des eigentlich Räumlichen bleibt, mit dem der allgemeinen Mannigfaltigkeitslehre, die auf einer höheren Abstraktion beruht und nur noch mit einer Analogie zum Räumlichen operiert, in unklarer Weise vermengt.

So heißt es: „Die Geometrie beschäftigt sich mit den geometrischen Gegenständen, wie Punkt, Gerade, Ebene, dreidimensionaler Raum usw. Man kann für alle diese Gegenstände auch den Namen *Raum* einführen und diese Räume dann nach ihren Dimensionen, ihrem Krümmungsmaß, ihrem Zusammenhang und nach anderen Gesichtspunkten unterscheiden. Gebilde wie Dreieck, Rechteck, Würfel, Ikosaeder usw. entstehen durch bestimmte Beziehungen zwischen Räumen.“

Hier wird zunächst das Wort „Raum“ in zweideutiger Weise gebraucht, nämlich einmal im Sinne von linearer Mannigfaltigkeit, andererseits im Sinne von allgemeiner Mannigfaltigkeit. (Warum sagt Müller nicht lieber: „die Geometrie beschäftigt sich mit den geometrischen Gegenständen, wie Punkt, Linie, Fläche usw.“?) Ferner wird nicht unterschieden zwischen den Räumen, sofern sie als Raumform den Gesamtgegenstand einer geometrischen Theorie ausmachen, und den Räumen, welche als Gebilde innerhalb einer betrachteten Raumform existieren. Dieser Unterschied hat grundsätzliche Bedeutung: die Existenz von Gebilden innerhalb einer Mannigfaltigkeit (Raumform)

ist eine geometrische Frage, die Möglichkeit der Mannigfaltigkeit selbst eine Frage der Relationstheorie (nach der Terminologie Müllers).

Außerdem empfindet man die Überordnung des Momentes der Quantität und die Art, wie das Quantitative als gemeinsames und wesentliches Charakteristikum aller mathematischen Gegenstände hingestellt wird, als sehr gewaltsam und willkürlich. Angesichts dieser Hervorhebung des Quantitativen erscheint es um so merkwürdiger, daß von der allgemeinen Größenlehre, welche vom Standpunkt der Gegenstandstheorie jedenfalls eine selbständige Begründung erfordern würde, bei Müller nirgends die Rede ist.

Diese Einwendungen gehören alle zur immanenten Kritik. Darüber hinaus aber ist zu sagen, daß im Hinblick auf die allgemeine philosophische Tendenz, welche Müller verfolgt, die Ausführungen seiner Schrift an Überzeugungskraft sehr zu wünschen übrig lassen.

Müller will den philosophischen Standpunkt der Gegenstandstheorie, den er in Anlehnung an Rickert vertritt, nicht nur dem Fachphilosophen, sondern auch dem Mathematiker nahe bringen (wie er es ausdrücklich im Vorwort seines Buches sagt, das sich vornehmlich an den Mathematiker wendet).

Jedoch kann die Behandlungsweise, welche die mathematischen Methodenfragen hier erfahren, den Mathematiker nicht endgültig befriedigen. Die Auffassung, daß die mathematischen Gegenstände eine ideale, zeitlose Existenz unabhängig von allem Denken besitzen und daß die Methode der mathematischen Wissenschaften durch die Eigenart jener Gegenstände erst bestimmt wird, mag als Ausdruck einer in der Wissenschaft fruchtbaren und gebräuchlichen Einstellung gewiß zur ersten Orientierung dienen. Aber hierbei einfach stehen zu bleiben, erscheint doch erkenntnistheoretisch zu primitiv, — zumal wenn man bedenkt, daß Müller als „Gegenstand“ alles ansieht, „was Subjekt eines Urteils werden kann“.

Der Mathematiker weiß ja, daß in seiner Wissenschaft ein besonders fruchtbares und fortgesetzt angewandtes Verfahren in der Einführung „idealer Elemente“ besteht, d. h. in der Hypostasierung von Gegenständen, die rein formal als mögliche Subjekte von Urteilen eingeführt werden, die aber losgelöst von den Sätzen, in welche sie formal eingehen, überhaupt nichts sind. Im Reiche der Mathematik gilt in weitem Umfange der Satz, daß das Ding das Produkt der Methode ist.

Überdies zeigt sich auch noch, daß Müller selbst mit seiner Theorie in Verlegenheiten kommt. Nämlich er sieht sich zu der Behauptung genötigt, daß es „nicht nur eine 1, eine 2 usw., sondern beliebig viele 1, 2 usw.“ gibt, und entsprechend behauptet er, daß die geometrischen Gegenstände „in beliebiger Anzahl“ existieren. Von „beliebig vielen“ Dingen zu reden, hat aber nur da Sinn, wo unser Belieben im Handeln oder Vorstellen in Frage kommt, nicht aber in bezug auf ideal seiende Gegenstände, deren Existenz ja von unserem Tun und Denken ganz unabhängig sein soll.

Am Schluß seiner Schrift gibt Müller eine Zusammenstellung der von ihm berücksichtigten Literatur mit erläuternden Bemerkungen. Hier findet man den größten Teil der einschlägigen Untersuchungen, von Bolzano beginnend, angeführt. Zwei wichtige Bücher wären allerdings noch zu nennen: Die lineale Ausdehnungslehre von Hermann Graßmann (1844), welche in ihren philosophischen Teilen wesentliche Gedanken zur phänomenologischen Begründung der Geometrie enthält; ferner das Buch von Julius

König, „Neue Grundlagen der Logik, Arithmetik und Mengenlehre“ (1914), in welchem die neue Richtung der kritischen Mathematik zum ersten Male vertreten und mit großer Klarheit und Eindringlichkeit dargelegt wird.

P. Bernays, Göttingen.

Siebel, K., **Die Elektrizität in Metallen**. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Braunschw. Fr. Vieweg & Sohn, 1922. 97 S. 14×21 cm.

Schon mancher wird den Wunsch gehabt haben, das bekannte Bäckersche Buch „Die Erscheinungen in metallischen Leitern“, welches 1911 erschienen ist, möchte eine Erneuerung erfahren. Denn durch die seitdem entdeckten Erscheinungen, besonders im Gebiete tiefter Temperaturen, ist ein neues Kapitel der Experimentalphysik erschlossen, welches nicht mehr in den Rahmen der älteren Elektronentheorie der Metalle paßt und daher eine große Zahl neuer theoretischer Deutungsversuche hervorgerufen hat. Man muß wohl sagen, daß diese alle bisher unbefriedigend geblieben sind, daß der Schlüssel zur Elektronentheorie der Metalle noch nicht gefunden ist. Dadurch wird eine einheitliche Darstellung dieses Gebiets erschwert, und das ist zweifellos der Grund dafür, daß das Bäckersche Buch bisher keinen Nachfolger fand.

K. Siebel hat sich gleichwohl der Aufgabe unterzogen, das genannte Buch weiterzuführen, bzw. zu ergänzen, indem er, wie das nach dem Gesagten verständlich ist, im Wesentlichen sich auf eine Aufzählung der neueren experimentellen Tatsachen und theoretischen Tastversuche beschränkte. Vielen wird eine solche Zusammenfassung sehr willkommen sein, um so mehr, als auch auf die Lücken hingewiesen ist, an denen nach Ansicht des Verfassers die Forschung zunächst eingreifen muß.

Das Büchlein ist flüssig geschrieben. Zwei Drittel des Umfangs nimmt das 1. Kapitel „Die elektrische Leitung“ ein. In zwei weiteren Kapiteln folgen „Die thermoelektrischen Erscheinungen“, unter denen auch der Benedickseffekt ausführlich besprochen wird, und „Die galvanomagnetischen und thermomagnetischen Effekte“. Die theoretischen Ableitungen der Formeln sind vielfach nur angedeutet, doch wird durch Zitat der Quellen das eingehendere Studium ermöglicht.

Eine Anzahl Druckfehler wären im Falle einer Neuauflage zu beseitigen.

E. Grüneisen, Berlin.

Ludewig, P., **Die physikalischen Grundlagen des Betriebes von Röntgenröhren mit dem Induktorium**. Berlin und Wien Urban und Schwarzenberg, 1923. VII, 134 S. und 152 Abb. 17×24 cm. Preis Gz. geh. 7,5; geb. 9,6.

Wenngleich in den letzten Jahren die Röntgentechnik sich in der Richtung entwickelt hat, daß das Prinzip der Hochspannungsgleichrichtung eines in einem Transformator auf hohe Spannung gebrachten Wechselstromes mehr und mehr bevorzugt wurde, hat doch die klassische Art der Stromerzeugung mittels Induktor und Unterbrecher ihren Platz behauptet. Für den Betrieb von Therapieröhren erweist sich zum Beispiel in bezug auf Stromverbrauch und Raumbeanspruchung der Induktor als überlegen.

Es ist daher zu begrüßen, daß als 7. Sonderband der Strahlentherapie die vorliegende Monographie erschienen ist, die sich ganz besonders mit der wichtigen, leider häufig vernachlässigten Frage des Auftretens von Hochfrequenzschwingungen beim Induktorbetrieb befaßt.

Im einzelnen behandelt das Buch nach einigen einleitenden Bemerkungen über die Gesetze des Elektromagnetismus und der elektrischen Schwingungen die oszillographischen Methoden zur Aufnahme von Strom- und Spannungskurven, die Konstruktion von Unterbrecher, Induktor und Röntgenröhren. An die Beschreibung der elektrischen Vorgänge in einem Induktor-Unterbrecherkreis, welcher sekundärseitig noch nicht mit einer Röntgenröhre belastet ist, schließt sich sodann eine ausführliche Darstellung der Strom- und Spannungsvorgänge im Sekundärkreis bei Einschalten einer Röntgenröhre an, wobei sich die Darstellung auf der vom Verf. 1915 gegebenen Theorie über die statische und dynamische Charakteristik gashaltiger Röntgenröhren aufbaut. Das letzte Kapitel bringt die Behandlung der beim Induktorbetrieb auftretenden elektrischen Schwingungen und enthält wertvolle oszillographische Beiträge.

Von den Mitteln der höheren Mathematik ist sparsamster Gebrauch gemacht, so daß auch der nicht mathematisch gebildete Leser ohne weiteres zu folgen vermag.

R. Glocker, Stuttgart.

Electrodynamics of moving media, Report of the national research council committee on electrodynamics of moving media. (Bulletin of the national research council, Dezember 1922.)

Dieser Bericht gliedert sich in vier Teile.

Der erste Teil „Die Grundlagen der Elektrodynamik“ von W. F. G. Swann behandelt auf 70 Seiten die gesamte allgemeine Theorie der ruhenden und der bewegten Körper; er stellt aber kein Lehrbuch dar, insofern er nirgends einen vollständigen Beweisgang gibt, sondern eine — recht übersichtliche — Zusammenstellung der wesentlichsten Gedanken und Formeln. Nicht ganz einwandfrei erscheinen uns allerdings die Ausführungen über die Energieverhältnisse bei dem deformierbaren Elektron der Lorentzschen (und der Relativitäts-) Theorie. Die Einsicht, daß man dabei eine Energie nicht-elektrodynamischen Ursprungs annehmen muß, falls man die Maxwell-Lorentzsche Elektrodynamik als streng gültig betrachtet, scheint in der englisch-amerikanischen Fachliteratur noch nicht so recht durchgedrungen zu sein.

Die drei anderen Teile behandeln Einzelprobleme; so beschäftigt sich der zweite Teil „Die unipolare Induktion“ von John T. Take auf 20 Seiten mit den Induktionsvorgängen, die ein axial symmetrisches magnetisches System bei der Drehung um seine Achse hervorruft. Er kommt zu dem Schluß, daß die Feldgleichungen allen Beobachtungen gerecht werden; und obgleich damit eigentlich alle berechtigten Wünsche erfüllt sind, so erörtert er doch noch die Frage, ob man die magnetischen Kraftlinien als mit jenem System bewegt anzunehmen hat oder nicht. Die notwendige Vorfrage, ob denn eine Kraftlinie in einem zeitlich veränderlichen Feld ein Individuum darstellt, welches man zu verschiedenen Zeiten immer wieder erkennen kann, wird nicht gestellt.

Der dritte Teil „Die Gleichungen für die Beschreibung der elektromagnetischen Erscheinungen“ von H. Bateman (56 Seiten) bringt eine Reihe von Einzelheiten; wie die Spiegelung an bewegten Körpern, das Feld einer bewegten Punktladung und von Dipolen, den Michelsonversuch, die Feldgleichungen für ein bewegtes Dielektrikum usw. Der letzte Teil schließlich von E. H. Kennard beschäftigt sich auf 10 Seiten mit dem Versuch von Trouton und Noble. Er stellt alles empirische Material

darüber zusammen und bespricht die Deutungen, welche die verschiedenen Theorien für den negativen Ausfall des Experiments gegeben haben. Obwohl er zugibt, daß die Relativitätstheorie die Verhältnisse völlig klar-

stellt, schließt er doch mit dem Wunsch, der Versuch möchte mit einem Kondensator wiederholt werden, der kein materielles Dielektrikum zwischen seinen Platten enthält.
M. c. Lunc, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über die Quellung der Gelatine in Säuren.

In Heft 12 (1923) dieser Zeitschrift teilt J. Loeb Versuche und Theorien zur „Erklärung für das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper“ mit und geht u. a. auf S. 220 auf eine Arbeit von A. Kuhn „Über die Quellung der Gelatine in wässrigen Lösungen organischer Säuren“ ein. Abgesehen von einer allgemeinen Kritik der Grundlagen der Loeb'schen Auffassung, wie sie Wo. Ostwald (Koll. Zeitschrift 32, 220, 1923) und A. V. Hill (Proc. Roy. Soc. 102 (A) 705, 1923) entwickelt haben, sind zu dieser Kritik Loeb's folgende Bemerkungen zu machen:

Die Ergebnisse Loeb's sind mit den Versuchen des Unterzeichneten in zwei Punkten durchaus übereinstimmend, nämlich erstens in der Reihenfolge der Quellungsvolumina und zweitens in der Beziehung zwischen der Konzentration der maximalen Quellung und der Dissoziationskonstante der Säure. Zum ersten Punkt ist zu bemerken, daß sich auch bei Loeb deutliche Unterschiede im Quellungsvolumen bei verschiedenen Säuren ergeben, die in der gleichen Reihenfolge wie bei den Versuchen des Unterzeichneten liegen, mit quantitativen Abweichungen infolge verschieden langer Quellzeiten. Loeb berücksichtigt nun aber nicht, daß trotz gleicher pH das Quellvolumen absolut verschieden ist, was den Hauptgegenstand der Arbeit des Unterzeichneten bildet. In dieser Arbeit wurde diesem Gesichtspunkt entsprechend nichts über die Konzentration der Säure oder der Wasserstoffionen nach eingetretener Quellung ausgesagt, was Loeb offensichtlich anzunehmen scheint. Die Loeb'schen Angaben stellen ferner durchaus keine absoluten Quellwerte dar, da der Unterzeichnete an 53 Fällen bei verschiedenen Konzentrationen zeigte, daß das Quellvolumen bis 72 Stunden noch nicht konstant ist und etwa einem Gleichgewicht entsprochen hätte.

Die Beziehung zwischen der Konzentration der maximalen Quellung und der Dissoziationskonstante zeigt, daß zwar für die Lage der maximalen Quellung die eben durch die Dissoziationskonstante geregelte pH maßgebend ist, nicht aber für die mindestens ebenso wichtige Eigenschaft des Quellvolumens, d. h. der Quellbarkeit im eigentlichen Sinne des Wortes. Zur Prüfung einer Auffassung wie der von Loeb erschiene es übrigens bedeutungsvoller, die Gesamtsäurekonzentration in Normalitäten im Gel und in der zurückgebliebenen Flüssigkeit zu kennen.

Der quellungserniedrigende Einfluß der Säureanionen, den Loeb in diesem Zusammenhang kritisiert, ist jetzt nicht mehr der einzige Faktor, der den ganzen Quellungsverlauf reguliert, vielmehr stellt sich der Quellungsverlauf als aus vier Teilvorgängen bestehend dar, einerseits Quellung (Hydratation) und andererseits entgegengesetzt verlaufend Solbildung (ein in die Augen springender, von Loeb überhaupt nicht berücksichtigter Faktor), chemische Hydrolyse und Dehydratation. Erst eine quantitative Untersuchung der letzten drei Vorgänge kann einmal eine quantitative Darstellung von Quellungskurven geben.

Leipzig, den 3. Mai 1923.

Alfred Kuhn.

Herr Professor Loeb verzichtet darauf, zu der Zeitschrift Stellung zu nehmen.

Berlin, den 9. Juni 1923.

Die Schriftleitung.

Über die Erklärung für das kolloide Verhalten der Eiweißkörper.

Äußerungen eines so genialen Biologen wie eines Jacques Loeb in Heft 12 der vorliegenden Zeitschrift verdienen mit Recht besondere Beachtung. Auf der andern Seite haben die Fachgenossen aber auch in besonderem Maße die Pflicht, auf Irrtümer hinzuweisen, wenn sie nicht aus dem Munde eines unbekannten, sondern aus dem eines anerkannt erfolgreichen Forschers verkündet werden. Dieser Fall scheint dem Verfasser hier vorzuliegen.

Es sei nicht etwa auf die unersprißliche Streitfrage eingegangen, ob eine „rein chemische“ Betrachtungsweise im Sinne Loeb's oder eine „physikalisch-chemische“ für das Verständnis kolloider Erscheinungen am günstigsten ist. Der Verfasser will sich zum Zwecke der folgenden Darlegungen auf Loeb's eigenen Standpunkt stellen, d. h. hier annehmen, daß die beiden Grundannahmen der Loeb'schen Theorie „des kolloiden Verhaltens“, erstens die „rein stöchiometrische Bindung“ zwischen Proteinen und Elektrolyten mittels „Primärvalenzen“ und zweitens die Auswirkungen des Donnan-Gleichgewichts als der Grundlage des Verhaltens kolloider Lösungen wirklich zutreffen. Loeb glaubt für beide Thesen bindende „quantitative Beweise“ gegeben zu haben. Der Verfasser möchte kurz darauf hinweisen, daß die gegebenen beiden Beweise auf Trugschlüssen bzw. auf grundsätzlichen Mißverständnissen beruhen. Die Fachgenossen, welche sich für weitere Einzelheiten interessieren, seien auf die ausführliche Besprechung der Loeb'schen Arbeiten in Kolloidzeitung 32, 220, 1923 sowie auf die w. u. besprochene Arbeit von A. V. Hill, Proc. Royal Society London, Ser. A, Vol. 102, 705, 1923 verwiesen.

Die Grundlage für die erste These der „stöchiometrischen Bindung“ von Proteinen und Elektrolyten (beispielsweise Säuren) bilden die „Titrationskurven“, die auch zu Eingang der in dieser Zeitschrift veröffentlichten Abhandlung erörtert werden. Loeb findet bekanntlich, daß die Anzahl Kubikzentimeter zehntelnormaler Säurelösungen, welche die pH einer Eiweißlösung in einem ausgewählten mittleren Konzentrationsgebiet um den gleichen Betrag verschoben, in stöchiometrischen Verhältnissen zueinander stehen. Braucht man hierzu z. B. 5 ccm 0,1 n HCl oder 0,1 n H_2SO_4 , so ist bei Oxalsäure etwa 10 ccm 0,1 n und bei Phosphorsäure etwa 15 ccm 0,1 n hierzu erforderlich. In diesen, freilich nur bei gewissen pH -Werten auftretenden ganzzahligen Verhältnissen erblickt Loeb den Beweis für die „rein stöchiometrische Bindung von Proteinen und Säuren durch primäre chemische Valenzen“. Rechnet man nach, wieviel Gramm H-Ion in diesen Kubikzentimetern enthalten sind, so ergibt sich, daß von den Säuren und Konzentrationen, bei denen die Loeb'sche Regelmäßigkeit gilt, ungefähr gleichgroße absolute Mengen H-Ionen vom Eiweiß gebunden werden.

Denn 10 cem einer 0,1normalen Oxalsäurelösung enthalten in dem von *Loeb* herangezogenen Konzentrationsgebiet der einbasischen Dissoziation dieser Säure nicht 10mal 0,1 Äquivalente H-Ion, sondern nur 10mal 0,05 Äquivalente, das heißt gerade so viel, wie 5 cem einer 0,1 n Salzsäure oder 5 cem einer 0,1 n aber zweibasisch dissoziierenden Schwefelsäure. Daher fällt auch die Kurve der zweibasisch dissoziierenden H_2SO_4 zusammen mit der HCl-Kurve, nicht jedoch die Kurve der in diesen Konzentrationen nur einbasisch dissoziierenden Oxalsäure. Die Bindung erfolgt also nicht in „stöchiometrischen Verhältnissen“, sondern ist in den genannten Fällen praktisch *absolut gleich groß*. Nun könnte man ja auch in dieser Gleichheit der aufgenommenen Mengen H-Ion aus verschiedenen Säuren im Sinne *Loeb's* auf die „stöchiometrische“ Bindung schließen, indem eben hier das stöchiometrische Verhältnis stets gleich Eins wäre. Aber auch dieser Schluß scheint dem Verfasser im vorliegenden Falle nicht richtig. Die nähere Prüfung zeigt nämlich weiterhin, daß die Säurebindung in dem betrachteten Gebiet nicht nur absolut gleich, sondern auch (praktisch) *vollständig* oder *restlos* erfolgt. Die Kurven für die anfänglich vorhandene Säuremenge und für die bei Eiweißzusatz gebundene Säuremenge fallen in dem betrachteten Gebiet praktisch aufeinander. Es bleibt nur eine minimale Menge H-Ion übrig, wohlgemerkt, immer nur in dem Gebiete, in dem die *Loeb'sche* Regelmäßigkeit zutrifft. Am einfachsten ergibt sich diese Tatsache vielleicht daraus, daß auch die Ordinaten der vier reinen Säurekurven in dem betreffenden Gebiet ganz ähnliche Verhältnisse zueinander zeigen, daß also diese „stöchiometrischen Verhältnisse“ auch vorhanden sind, wenn kein Protein und damit überhaupt keine Bindungsmöglichkeit vorhanden ist. Die Titrationskurven zeigen also nach der Meinung des Verfassers nur, daß in dem betreffenden Konzentrationsgebiet unterschiedslos alles H-Ion gebunden wird, das dem Eiweiß angeboten wird. Werden dem Eiweiß zwar nicht Mengen in stöchiometrischen Verhältnissen, wie *Loeb* schreibt, wohl aber gleich große Mengen H-Ion angeboten, die jedesmal praktisch restlos aufgenommen werden, so erscheint das Resultat des Versuches als einigermaßen selbstverständlich, nicht aber als ein Beweis für die „stöchiometrische Natur“ der Säureeiweißbindung. So vollkommen überzeugt der Verfasser davon ist, daß Eiweiß und Säure chemisch aufeinander reagieren können, so wenig kann er in diesen Titrationsversuchen einen „Beweis“ für diese an und für sich sichere Tatsache erkennen, noch weniger aber einen Beweis für die einfache stöchiometrische Satzbindung im Sinne etwa von „Gelatinesulfat = Gelatine₁(SO₄)₂“ usw.

Der zweite Grundpfeiler der *Loeb'schen* Theorie der Kolloide ist die Gültigkeit des *Donnanschen* Membrangeleichgewichtes, und zwar nicht nur für das Verhalten kolloider Lösungen gegenüber Membranen, sondern auch für die Erscheinungen der Quellung, des osmotischen Druckes, der Leitfähigkeit usw. innerhalb eines kolloiden Systems. Jedes kolloide Teilchen, nach *Loeb* auch jedes „Eiweißmolekül“, wird für sich als eine osmotische Zelle, eine kolloide Lösung, also als eine Aufschwemmung osmotischer Maschinen aufgefaßt, wie dies vor *Loeb* übrigens schon von *Procter* und *Wilson* getan wurde. Daß dies eine extrem „ultraheterogene“ Vorstellung ist, die im offenkundigen Gegensatz zu der *Loeb'schen* These steht, daß die Gesetze der klassischen Theorie der homogenen Lösungen auch für kolloide Systeme ausreichen, sei nebenbei erwähnt. Hier möge nur der einfachere Fall näher betrachtet werden, die

Entstehung von Potentialdifferenzen an der Membran einer Zelle, die innen eine Eiweißlösung, außen einen Elektrolyten enthält. *Loeb* mißt diese P. D. an der Membran und berechnet gleichzeitig aus den pH-Werten der Einzelslösungen die P. D., die nach *Loeb's* Ansicht aus der Annahme folgen würde, daß die P. D. durch ein *Donnansches* Gleichgewicht erzeugt wird. Er findet glänzende Übereinstimmung und sieht damit seine These als erwiesen an, was um so bemerkenswerter erscheint, als *Donnan* und seine Mitarbeiter selbst bei eigenen Messungen an einfacheren und definierten Systemen nur eine „allgemeine“ Gültigkeit des Theorems, keineswegs eine glänzende quantitative Übereinstimmung finden und nachdrücklichst auf die großen experimentellen Schwierigkeiten hinweisen (*Journ. Chem. Soc., London 105, 1963; 1914; 115, 1313, 1919*).

Nun hat aber *A. V. Hill* (l. c.) eingehend und auf verschiedenen Wegen gezeigt, daß auch dieser Schluß ein Trugschluß ist. Die von *Loeb* benutzte Versuchsanordnung erlaubt nämlich gar nicht darüber zu entscheiden, ob die gemessene P. D. von einem *Donnangleichgewicht* oder aber von irgendeinem anderen Gleichgewicht herrührt. Um einige Sätze der Arbeit von *A. V. Hill* aus den, deutschen Lesern schwierig zugänglichen *Proceed. Royal Society London* zu zitieren: „Die von *Loeb* gefundene Übereinstimmung zwischen der beobachteten P. D. und der aus der Differenz der pH berechnet ist eine notwendige Konsequenz irgendeines Mechanismus, der nicht dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht und ist an und für sich keine Stütze der Theorie, daß das *Donnangleichgewicht* dem kolloiden Verhalten von Proteinlösungen zugrunde liegt. — Die Übereinstimmung beweist nichts mehr, als daß das beobachtete System im Gleichgewicht war, und daß die Beobachtungen genau gemacht wurden. — Vorausgesetzt, daß das System im Gleichgewicht ist, ist es unvermeidlich, was auch immer für Wasserstoffionenkonzentrationen (elektrometrisch gemessen) vorliegen und was auch immer ihre Ursache sei, daß die mit *Loeb's* Methode beobachtete P. D. gleich ist der „berechneten“ P. D. — Tatsächlich ergibt dieser Vergleich nicht den geringsten Beweis für irgend eine Theorie des Mechanismus, mit Hilfe dessen die beobachtete P. D. entstanden ist“ usw. (*A. V. Hill*).

Etwas konkreter vielleicht läßt sich das hier vorliegende Mißverständnis folgendermaßen kennzeichnen: *Loeb* gibt in eine Kollodiumzelle Gelatine + HCl, außen reine HCl gleicher oder auch verschiedener Konzentration. Er wartet bis ein Konzentrationsgleichgewicht der H⁺- (und Cl⁻) Ionen eingetreten ist, derart, daß eine potentiometrische oder titrimetrische Bestimmung der [H] oder [Cl] von Innen- und Außenflüssigkeit keine zeitliche Veränderung mehr zeigt. Sodann mißt *Loeb* die P. D. zwischen Zellinhalt und Außenflüssigkeit, indem er Kapillarelektroden innen und außen eintaucht und unter üblicher Ausschaltung von Polarisation mit einem Millivoltmeter verbindet. Er vergleicht nun folgende P. D. miteinander:

1. P. D. „berechnet“. Aus dem potentiometrisch oder titrimetrisch gemessenen H⁺- (bzw. Cl⁻) Konzentrationen der beiden im Gleichgewicht befindlichen Einzelflüssigkeiten berechnet *Loeb* nach der *Nernst'schen* Formel $\pi = \frac{RT}{F} \ln \frac{c_1}{c_2}$ oder in seiner Schreibweise (in Millivolt): P. D. „berechnet“ = 59 (pH innen minus pH außen).

2. P. D. „beobachtet“. Mit diesen berechneten Potentialdifferenzen vergleicht *Loeb* die von ihm experimentell in oben beschriebener Weise gefundenen

P. D., wie folgende (bei der Berechnung übrigens stark abgerundete) Zahlenbeispiele zeigen (Proteine usw. S. 128):

pH innen	4,56	4,03	3,33 usw.
pH außen	4,14	3,44	2,87
Differenz	0,42	0,59	0,46
P. D. „berechnet“ .	24,7	34,5	27,0
P. D. „beobachtet“ .	24,0	33,0	26,0

In dieser Übereinstimmung erblickt *Loeb* „den quantitativen und mathematischen Beweis — des wichtigsten Punktes für die Begründung der Theorie des kolloiden Verhaltens“, nämlich für die Gültigkeit des Donnan-Gleichgewichts für kolloide Lösungen. In der Tat hat der Referent auch von Fachgenossen wiederholt diese „mathematische Übereinstimmung“ als den glänzendsten und durchschlagendsten Beweis der *Loeb'schen* Theorie gegenüber gewissen geäußerten Bedenken eentgegengehalten bekommen.

Die Übereinstimmung zeigt nun aber nichts mehr als daß das Nernstsche Gesetz auch dann gilt, wenn in einer der beiden zu vergleichenden Lösungen neben einer Säure auch noch Eiweiß vorhanden ist. Ob der aus pH -Bestimmungen nach *Nernst* berechnete oder der direkt gemessene Potentialunterschied durch ein Donnan-Gleichgewicht oder aber sonstwie zustande gekommen ist, geht aus diesen Messungen durchaus nicht hervor. *Loeb* würde vermutlich dieselben P. D. erhalten, wenn er nach erfolgtem Gleichgewicht den Versuch abmontieren, Innen- und Außenflüssigkeit je in ein Becherglas gießen und dann die P. D. zwischen den beiden völlig isolierten Flüssigkeiten messen würde. Ja, man kann vermuten, daß dann, also bei völliger Ausschaltung der Membran, die quantitative Übereinstimmung zwischen P. D. „berechnet“ und P. D. „beobachtet“ noch viel besser sein wird. Denn die auch von *Loeb* betonte völlige „Nichtübereinstimmung“ bei den analogen Versuchen mit *Basen* statt Säuren zeigt, daß eine Kollodiummembran bei derartigen Prüfungen des Nernstschen Gesetzes nur störend wirkt. Aber auch selbst die Folgerung von *Hill*, daß *Loeb's* Versuche das Vorhandensein eines Gleichgewichtes dartun, erscheint nicht notwendig. Denn das Nernstsche Gesetz, das den Zusammenhang zwischen Konzentrationsdifferenz und P. D. regelt, gilt offenbar auch bei zeitlichen Variationen beider Größen, wie aus der Berechenbarkeit von „Diffusionsketten“ mit der Nernstschen Formel hervorgeht. Wenn *Loeb* immer nur streng gleichzeitig pH -Werte und P. D.-Werte gemessen haben würde, so hätte er auch während der Gleichgewichtseinstellung immer obige gute Übereinstimmung finden müssen. Ob aber diese Gleichgewichtseinstellung dadurch zustande kommt, daß die Ionenkonzentrationen innen und außen durch reine Diffusion, durch adsorptive oder chemische Bindung am Eiweiß, durch die Membranpotentiale nach *Donnan* oder aber auch nach *Perrin*, *Haber*, *Freundlich* usw. eingestellt werden, — darüber geben diese Messungen keinerlei Auskunft. Alle die zahlreichen Tabellen dieser Art, die *Loeb* publiziert hat, beweisen ausschließlich die Gültigkeit des Nernstschen Gesetzes, nicht aber des Donnanschen Theorems.

Der Verfasser ist also der Meinung, daß die zwei grundlegenden „quantitativen Beweise“ der *Loeb'schen* Theorie kolloider Lösungen auf Trugschlüssen bzw. auf Mißverständnissen beruhen, und daß *J. Loeb* noch anderes Beweismaterial heranbringen müßte, ehe die „rein chemische“ Theorie „quantitativ“ überzeugen kann.

Leipzig, den 7. Mai 1923.

W. Ostwald.

Bemerkungen zur Kritik des Herrn Ostwald.

Ich halte eine eingehende Erwiderung auf die Bemerkungen des Herrn *Ostwald* deshalb für unnötig, weil dieselben nur auf Mißverständnissen beruhen, Tabellen II und III auf Seiten 49 und 52 meines Buches zeigen beispielsweise, daß eine stöchiometrische Bindung von HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 und $H_2C_2O_4$ an Eiweiß selbst dann stattfindet, wenn mehr Säure zugesetzt wird, als vom Eiweiß gebunden ist¹). Die Kurven für die Verbindung von Eiweiß mit Säuren, die in meinem Buche und in *Hitchcocks* Arbeiten (unter dem Namen Kombinationskurven) mitgeteilt sind, zeigen, daß bei derselben Wasserstoffionenkonzentration der Eiweißlösung gleiche Quantitäten von Wasserstoffionen mit derselben Menge Eiweiß in Verbindung treten, gleichgültig ob es sich um eine starke Säure wie HCl oder H_2SO_4 oder eine schwache Säure wie H_3PO_4 handelt. Das läßt sich am einfachsten durch die Annahme erklären, daß eine chemische Verbindung zwischen Wasserstoffionen und Eiweiß stattfindet.

Der Einwand *Hills* beruht ebenfalls auf einem Mißverständnis, indem er nicht berücksichtigt, daß in meinen Versuchen die Bedingungen für die Entstehung des Donnanschen Gleichgewichts gegeben sind, nämlich Undurchgängigkeit der Membran für Eiweißionen und Durchgängigkeit für die kleinen kristalloiden Ionen. Wenn dieser Umstand die Ursache für die Entstehung der Potentialdifferenz beim osmotischen Gleichgewicht zwischen Eiweißlösung und äußerer wässriger Lösung ist, wie ich behaupte, dann muß sich beispielsweise im Falle einer Gelatinechloridlösung eine Verschiedenheit der Konzentration der Wasserstoff- (sowie der Chlor-) Ionen auf beiden Seiten der Membran nachweisen lassen, deren Größe der Donnanschen Gleichung entspricht. Diesen Nachweis habe ich mittels Titrationsmessungen und Messungen der Wasserstoffionenkonzentration erbracht. Wenn *Hill* diesen Nachweis nicht annehmen will, so muß er eine bessere Erklärung geben für den Unterschied in der Konzentration der diffundierbaren Ionen in der Eiweißlösung und der Außenlösung beim osmotischen Gleichgewicht, was er bisher nicht getan hat. Daß der zweite Hauptsatz der Thermodynamik nicht verletzt ist, versteht sich von selbst, da die Donnansche Gleichung thermodynamisch abgeleitet ist. Das Mißverständnis von *Hill* ist übrigens in dem letzten Hefte des *Journal of General Physiology* von *Hitchcock*²) richtiggestellt worden.

New York, den 31. Mai 1923. — Jacques Loeb.

Über die angebliche Gültigkeit der Hofmeisterschen Anionenreihen bei der Quellung von Eiweißkörpern.

1. In einem Aufsatz des verdienstvollen Forschers *Ozapek*^{*)}, der der Wissenschaft zu früh entzissen wurde, findet sich folgende Angabe über die Hofmeisterschen Anionenreihen:

„Seit den klassischen Untersuchungen von *Franz Hofmeister* kennt man eine „Anionenreihe“ deren Glieder graduell verschieden stark Quellung fördern

¹) *Loeb, J.*, Proteins and the theory of colloidal behavior, New York and London, 1922, *Hitchcock, D. I.*, J. Gen. Physiol., 1921/22, IV, 597, 1922/23, V, 35.

²) *Hitchcock, D. I.*, J. Gen. Physiol., 1922/23, V, 661.

^{*)} *Ozapek, F.*, Physikochemische Probleme der Protoplasmaforschung, Die Naturwissenschaften 11, 237 (1923).

bzw. hemmen. Das Sulfatation wirkt nächst dem Citratation am stärksten eiweißfallend und quellungshemmend, am entgegengesetzten Ende der Reihe steht das Anion der Rhodanate, welches am stärksten Eiweißfallung hemmt und Quellung fördert. Nitrate und Chloride stehen etwa in der Mitte. Diese lyotropen Wirkungen kennt man bereits aus verschiedenen Gebieten der physikalischen Chemie, und es ist kaum zu verstehen, daß Jacques Loeb in neuester Zeit die Gültigkeit dieser Reihe bestreiten konnte, und alles auf die Wirkung des Wasserstoffions auf Eiweißlösungen bezieht.“

Im Anschluß an meinen Aufsatz¹⁾ möchte ich die Bemerkung von Czapek richtigstellen, da ähnliche Einwände auch von anderen Autoren, z. B. Stiasny, erhoben worden sind.

In meinen Arbeiten ist der Nachweis geführt worden, daß für den Einfluß von Elektrolyten auf die kolloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper nur dasjenige Ion eines Elektrolyten in Betracht kommt, das entgegengesetzt geladen ist wie das Eiweißion, und daß nur die Wertigkeit, nicht aber die chemische Natur des aktiven Ions die kolloidalen Eigenschaften beeinflusst. Diese kolloidalen Eigenschaften sind: 1. Membranpotentiale, 2. osmotischer Druck, 3. Quellung, 4. diejenige Form der Viskosität, die von der Quellung von Eiweißzellen abhängt, und 5. teilweise die kataphoretischen Potentiale suspendierter Eiweißteilchen.

Der Grund, daß nur die Wertigkeit, nicht aber die chemische Natur der Ionen für diese Eigenschaften in Betracht kommt, liegt darin, daß diese Eigenschaften von dem Donnan'schen Membrangleichgewicht abhängen. Das Donnan'sche Membrangleichgewicht ist aber ein rein elektrostatisches Gleichgewicht, für das nur die Wertigkeit, nicht aber die chemische Natur der Ionen von Bedeutung ist. Die Gleichung für das Membrangleichgewicht für Eiweißsäureverbindungen ist zweiten Grades und ändert sich nicht, solange das Anion der Säure oder eines zugefügten Salzes einwertig ist, während für zweiwertige Anionen eine Gleichung dritten Grades das Membrangleichgewicht ausdrückt. Die chemische Natur des Anions beeinflusst die Gleichungen nicht, solange das Anion nicht chemisch mit dem Eiweißmolekül reagiert.

Die Werte für alle die fünf erwähnten kolloidalen Eigenschaften werden durch den Zusatz von Salzen vermindert, nicht erhöht. Wenn man Salz zu Gelatinechlorid zusetzt und darauf achtet, daß das p_H dadurch nicht geändert wird, so findet man, daß das Salz die Membranpotentiale, den osmotischen Druck, die Quellung, die kolloidale Viskosität und die kataphoretischen Potentiale stets herabsetzt, nie erhöht. Das findet seine Erklärung darin, daß der durch das Membrangleichgewicht bedingte Überschuß der gesamten molaren Konzentration der diffundierbaren kristalloiden Ionen im Innern der Eiweißlösung oder im Innern der Gele über die Konzentration derselben Ionen in der Außenlösung durch Salzzusatz vermindert wird. Für diese Wirkung kommt nur das Ion eines Salzes in Betracht, das die entgegengesetzte Ladung wie das Eiweißion hat. Nur die Wertigkeit dieses Ions, nicht aber seine chemische Natur, hat einen Einfluß auf diese Wirkung.

Wegen der Wichtigkeit, welche diese Tatsachen für die Theorie der kolloidalen Erscheinungen haben, habe ich die Frage der Gültigkeit der Hofmeister'schen Ionenreihe auf die erwähnten fünf Eigenschaften der

Eiweißkörper einer neuen eingehenden Prüfung in Gemeinschaft mit meinem Assistenten Herrn Kunitz unterzogen²⁾. Diese Untersuchungen haben meine früheren Schlüsse nur von neuem bestätigt. Alle einwertigen Anionen, Cl, Br, J, NO₃, CNS, Acetat, Lactat, H₂PO₄ usw., erniedrigen die kolloidalen Eigenschaften, beispielsweise die Quellung, quantitativ gleich stark, wenn nur das p_H konstant bleibt. Zweiwertige Anionen, wie SO₄ oder Sulfosalizylationen, wirken unter sich ebenfalls quantitativ in der gleichen Weise, aber viel stärker als die einwertigen Anionen. Die Hofmeister'schen Ionenreihen besitzen für die fünf kolloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper, die auf dem Donnan'schen Gleichgewicht beruhen, keine Gültigkeit.

2. Es fragt sich nun, wie die entgegengesetzten Behauptungen entstanden sind. Die Antwort lautet, daß es sich zum Teil darum handelt, daß die Autoren die Wasserstoffionenkonzentration nicht gemessen haben. Dies gilt für die meisten Versuche über die Wirkung von Säuren und Alkalien auf die Quellung. Aber es gibt noch einen anderen Grund, nämlich, daß man unter dem Namen von Quellung einen Einfluß von Salzen auf Eigenschaften gemessen hat, die mit dem Einfluß der Salze auf die Säurequellung von Gelatine wenig oder gar nichts gemein haben. Stiasny und Ackermann³⁾ haben die Wirkung von Salzen auf die Volumenzunahme von trockenem Hautpulver gemessen. Dieses Material ist offenbar sehr undurchgängig für Wasser und Salze. Die Versuche dauerten sechs Tage und die Autoren berichten, daß KCl, KJ, KCNS, KNO₃, KClO₃ und K₂SO₄ im Sinne der Hofmeister'schen Ionenreihe wirken. Merkwürdigerweise finden sie aber, daß alle Salze in diesem Falle nur die Quellung erhöhen, während doch Salze bekanntlich die durch Säure oder Alkali bedingte Quellung von Gelatine verringern. Auch sind ihre Versuche auf der alkalischen Seite des isoelektrischen Punktes für Collagen angestellt, wo Anionen bei der Gelatinequellung unwirksam sind. Diese Widersprüche weisen darauf hin, daß diese Autoren in Wirklichkeit gar nicht den Einfluß der Salze auf eine Eigenschaft wie die Säurequellung oder Alkali-quellung der Gelatine gemessen haben, sondern auf eine ganz andere Eigenschaft, nämlich die Löslichkeit oder Kohäsion des Hautpulvers. Dieses getrocknete Pulver wird, wie es scheint, durch Lösungen hoher Konzentrationen von Salzen allmählich durchgängig und löslich gemacht, so daß Wasser nun in die Haut diffundieren kann. Die dadurch bedingte Volumenzunahme der ursprünglich trockenen Haut hat also einen ganz anderen physikalischen Grund als die Verminderung der durch Säure oder Alkali bedingten Quellung der Gelatine unter dem Einfluß von Salzen. Diese Verschiedenheit der physikalischen Natur der beiden Salzwirkungen geht auch daraus hervor, daß schon relativ niedrige Salzkonzentrationen ($M/8$ oder weniger) ausreichen, um die Säurequellung von Gelatine völlig aufzuheben, während die Volumenzunahme des Hautpulvers nur durch sehr hohe Salzkonzentration (etwa grammmolekular oder mehr) bedingt wird. Northrop und De Kruif⁴⁾ haben bei ihren Versuchen über Agglutination von Bakterien den Nachweis geführt, daß sehr hohe Salzkonzentrationen die Kohäsion des Eiweiß verringern; es ist auch bekannt, daß hohe

²⁾ Loeb, J., und Kunitz, M., J. Gen. Physiol. 5, S. 665 u. 693 (1922—23).

³⁾ Stiasny, E., und Ackermann, W., Kolloidchem. Beilhefte 17, 219 (1923).

⁴⁾ Northrop, J. H., und De Kruif, P. H., J. Gen. Physiol. 4, 650 (1921—22).

¹⁾ Loeb, J., Die Erklärung für das kolloidale Verhalten der Eiweißkörper, Die Naturwissenschaften 11, 213 (1923).

Salzkonzentrationen die Löslichkeit vieler Eiweißkörper erhöhen.

In den Versuchen von *Stiasny* und *Ackermann* handelt es sich also um Wirkungen von Salzen, die gar keine Beziehung zu den bekannten Salzwirkungen auf die Herabsetzung der Quellung von Gelatine haben, und die deshalb auch nicht als Beweis für die Gültigkeit der Hofmeisterschen Anionenreihe für diesen Vorgang gelten können. Übrigens sind die Salzeinflüsse, aus denen diese Autoren die Gültigkeit der Anionenreihe in ihren Versuchen abzuleiten versuchen, außerordentlich klein im Vergleich zu den Salzwirkungen in meinen Versuchen, aus denen sich das gerade Gegenteil, nämlich die Ungültigkeit der Hofmeisterschen Anionenreihe und die Gültigkeit der Wertigkeitsregel für den Einfluß von Salzen auf die Quellung von Gelatine sicher und unzweideutig ableiten läßt.

3. *Graham* unterschied ursprünglich zwischen Kolloiden und Kristalloiden. Die Eiweißkörper wurden schlechthin als Kolloide bezeichnet, und man nahm an, daß alle Eigenschaften der Eiweißkörper kolloidaler Natur seien. Meine Untersuchungen haben gezeigt, daß das nicht richtig ist, sondern daß die Eiweißkörper eine Reihe von Eigenschaften mit den Aminosäuren gemeinsam haben, aus denen sie aufgebaut sind, beispielsweise die chemischen Reaktionen mit Säuren und Basen, Löslichkeit u. a. Die Aminosäuren sind aber Kristalloide, und in bezug auf diejenigen Eigenschaften, welche die Eiweißkörper mit den Aminosäuren gemeinsam haben, muß man die Eiweißkörper als Kristalloide betrachten.

Kolloidales Verhalten tritt bei den Eiweißkörpern

nur dann auf, wenn ihre großen Ionen außerstande sind, durch Membrane oder Gele zu diffundieren, welche für die kleinen kristalloiden Ionen, wie H oder Cl usw., leicht durchgängig sind. In diesem Falle kommt es zu einem Membrangleichgewicht, wobei die gesamte molare Konzentration der diffundierbaren Ionen im Innern der Eiweißlösung oder des Eiweißgels größer ist als in der umgebenden Lösung, die frei von Eiweiß ist. Das gibt Anlaß zu den spezifisch kolloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper, nämlich dem Einfluß der Elektrolyte auf Membranpotentiale, osmotischen Druck, Quellung, kolloidale Viskosität, karporetische Potentiale. Diese kolloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper werden *drückt* nur von der Wertigkeit und dem Sinn der Ladung kristalloider Ionen beeinflußt, nicht aber von ihrer chemischen Natur, und für diese kolloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper gibt es keine Hofmeistersche Ionenreihen.

Die kristalloiden Eigenschaften der Eiweißkörper, wie Löslichkeit oder Kohäsion, werden nicht nur von der Wertigkeit, sondern auch von der chemischen Natur der Ionen kristalloider Elektrolyten beeinflußt. Es ist denkbar, daß diese Einflüsse *indirekt* auch gewisse kolloidale Eigenschaften der Eiweißkörper, etwa die Quellung, modifizieren können. Man muß sich aber davor hüten, Wirkungen der Salze auf die kristalloidalen Eigenschaften der Eiweißkörper mit den Wirkungen der Salze auf die kolloidalen Eigenschaften zu verwechseln, die von dem Donnan'schen Gleichgewicht abhängen. Ich habe übrigens schon auf diesen Unterschied in meinem Briefe hingewiesen⁶⁾.

New York, den 7. Mai 1923.

Jacques Loeb.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 2. Juni 1923 hielt Dr. *Walter Lehmann* (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über **Ethnologische Reiseergebnisse aus Mittelamerika**. Im Auftrage einer Berliner Museumsverwaltung hatte der Vortragende während der Jahre 1907 bis 1909 in dem Übergangsgebiet von Nord- zu Südamerika Untersuchungen ausgeführt und Ausgrabungen veranstaltet, über die er in sehr ausführlicher Weise berichtete. Unter Angabe einer erdrückenden Fülle von Einzeltatsachen, die eine kurze Zusammenfassung des Vortragsinhaltes abschließt, verbreitete er sich über die einheimischen Völker und Stämme des westlichen Amerika von Kalifornien bis Peru, wobei Chronologie und Kalenderwesen, Sonnen- und Mondkult, Sprache und Schrift, Bauten und Grabformen, Waffen und Geräte usw. zur Aufklärung der historischen und kulturellen Zusammenhänge sowie der Völkerwanderungen herangezogen wurden. Mittelamerika bildet auch in völkerkundlicher Beziehung eine Brücke zwischen Mittel- und Südamerika und weist, namentlich in seinem südlichen Teil, eine Gruppe von Stämmen auf, deren Heimat im nördlichen Südamerika liegt. Bei manchen Völkern läßt sich eine Bevorzugung bestimmter Klima- und Vegetationsgebiete nachweisen, die oft auf engem Raume große Unterschiede zeigen. So herrscht z. B. in der

Landenge von Mittelamerika vielfach ein scharfer Gegensatz zwischen den feuchten Urwaldgebieten der atlantischen Seite und der trockenen, z. T. wüstenartigen Savannenlandschaft der pazifischen Küstenregion. In Costa Rica, das die spanischen Entdecker als *Reife Küste* bezeichneten, weil sie bei den Eingeborenen eine Fülle von goldenen Schmucksachen fanden, ragen die höchsten Berge bis nahe an die Schneegrenze empor. Einer der Vulkane enthält in seinem Krater einen Heißwassersee, der zuweilen unter Dampfentwicklung ausbricht, so daß es sich um ein *Geysirartiges Phänomen* zu handeln scheint.

Die Ausgrabungen des Vortragenden lieferten eine ergiebige Ansammlung, die er in Lichtbildern vorführte. Besonders prächtig sind die mit reichem figürlichem Schmuck versehenen Goldmunde. Das Schürfen nach Gold ist bei den eingeborenen Stämmen eine religiöse Handlung, der strenge Enthaltsamkeit vorangehen muß. In den Tumulusgräbern fanden sich manchmal mehrere hundert Gegenstände, Stein- und Tongeräte, z. T. Prunkstücke, sowie Schmucksachen aus Grünstein, Nephrit und Gold. Die in der Gegenwart eindringende europäische Kultur wirkt stark demoralisierend auf die eingeborene Bevölkerung.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Eine Untersuchung über die spontane Tätigkeit des Meerschweinchens. (*Edith E. Nicholis*, Journ. of comp. psychol. Bd. 2, Nr. 4, S. 303—330, 1922.) In einem dunkeln unterirdischen, völlig geräuschlos und erschütterungsfreien Gewölbe wurden Meerschweinchen in Registrierröhren gehalten, deren drei Füße auf Mareyschen Kapseln ruhten, die gemeinsam zum

Schreibhebel abgeleitet wurden. So ließen sich gleichzeitig die Tätigkeitskurven von 6 in 6 Registrierröhren gehaltenen Meerschweinchen auf dieselbe Trommel aufschreiben. Die relative Feuchtigkeit im Gewölbe be-

⁶⁾ *Loeb, J.*, Proteins and the theory of colloidal behavior, New York and London, 1922.

trug im Dunkeln 42, beim Licht zweier über den Käfig brennenden Lampen 44 %, die Temperatur im Dunkeln 19,5, im Lichte 21,5°. Die Versuchstiere gediehen hier besser als im Tageslichte und nahmen ordentlich zu. Stets wurden sie einige Tage vor Versuchsbeginn an die Registrierkäfige gewöhnt. Sie waren bald zahm, insbesondere ließen sie sich nicht in ihrer Tätigkeit stören, wenn die Untersucherin das Gewölbe betrat. Das geschah täglich nur einmal zu bestimmter Zeit, um Futter und Kymographenband zu wechseln. Die Empfindlichkeit des Registrierkäfigs war derart, daß Atembewegungen oder ruhiges Kauen des sitzenden Tieres keine Ausschläge verursachten, während jede Körperbewegung deutlich angezeigt wurde. Die landläufige Ansicht, das Meerschweinchen sei ein ungewöhnlich ruhiges Tier, ist zufolge den Ergebnissen der Verf. völlig verkehrt. Unter den gewöhnlichen Bedingungen der Gefangenschaft unterdrückt Furcht die Bewegungen; sind die Tiere aber ungestört, wie in den vorliegenden Versuchen, so erweisen sie sich als ganz ungewöhnlich beweglich. Es folgen Perioden ständiger und intermittierender Tätigkeit aufeinander; die ersten sind durch wirklich ununterbrochene Tätigkeit gekennzeichnet, in den zweiten schieben sich Ruhepausen von gewöhnlich nicht mehr als 3 oder 4 Minuten zwischen die Tätigkeit ein. Längere Ruhepausen fehlen vollkommen; Tag und Nacht machen keinen Unterschied. Im Dunkeln ergab sich als mittlere Tätigkeitsdauer des 24stündigen Tages 21,6, im Lichte 20,64 Stunden; Altersunterschiede spielten in den untersuchten Grenzen (1—9 Monate) auch keine Rolle; die Männchen zeigten sich im Dunkeln um 2,8, im Lichte um 3,4 % aktiver als die Weibchen. Wurden die Tiere in der Tretmühle bis zur völligen Erschöpfung ermüdet und dann in den Registrierkäfig zurückversetzt, so fingen sie nach ganz kurzer Zeit mit halbgeschlossenen Augen zu fressen an und verharrten stundenlang in dieser Tätigkeit; auch jetzt kam es ebensowenig wie sonst jemals zu einem richtigen Schlafen. Es scheint, daß Meerschweinchen überhaupt nicht schlafen. Fast der ganze Tag vergeht mit nahezu unaufhörlichem Fressen. Gab man den Tieren nur 1 Stunde täglich Zutritt zum Futter, so waren sie noch beweglicher als bei ständigem Vorhandensein von Futter. — Zum Vergleich mit derselben Apparatur untersuchte Ratten verbrachten 41 % des 24 Stundentages tätig, 59 % ruhend, bei Nacht waren sie um 80 % tätiger als bei Tage. Die Meerschweinchen aber waren 89 % des 24-Stundentages tätig und nur 11 % desselben in Ruhe; die längste jemals beobachtete Ruhepause betrug 10 Minuten; und zwischen Tag und Nacht bestand kein Unterschied. Die Ergebnisse verschiedener Jahreszeiten stimmten untereinander vollkommen überein. *Kochler, München.*

Hemmung der Gewohnheitsbildung durch bestehende Gewohnheiten bei der weißen Ratte und dem Menschen. (Walter S. Hunter, Journ. of comp. psychol. Bd. 2, Nr. 1, S. 29—59, 1922.) Verf. behandelt das Problem des Umlernens. Ist einmal eine Gewohnheit gebildet, so fragt es sich, ob der Übergang zur Bildung einer zweiten Gewohnheit, z. B. einer der ersten gerade entgegengesetzten, sich ebenso leicht, leichter oder schwerer vollzieht als die Neubildung der zweiten Gewohnheit seitens unerfahrener Tiere. Gelingt das Umlernen leichter als die Neubildung, so wird von „positivem transfer“ der Gewohnheit gesprochen, gelingt sie schwerer, d. h. hemmt die alte Gewohnheit die Bildung der neuen, so liegt „negativer transfer-interference“ vor; wir könnten von „Übertragung bzw. Erleichterung und Erschwerung bzw. Hemmung“ der Gewohnheitsbildung durch die bestehende Gewohnheit sprechen. — Ratten

wurden in den Längsgang eines T-förmigen Gangsystems gesetzt und lernten zuerst, bei Belichtung in den rechten, bei Verdunkelung in den linken Quergang abzubiegen. War dies vollkommen erlernt, so begann die Dressur auf die umgekehrte Weise. Die Tiere sollten jetzt beim gleichen Lichte nach links, bei Verdunkelung nach rechts abbiegen. Die Bildung der ersten Gewohnheit brauchte 286, die der zweiten 603 Versuche, ein Beispiel typischer Hemmung. Das Zahlenmaterial ist hier wie überall variationsstatistisch bearbeitet, so daß die statistischen Fehlerquellen ausgeschaltet werden können; im einzelnen sei weiterhin davon nicht mehr die Rede. Konstruiert man Vincentische Lernkurven, deren vielseitige Verwendbarkeit Verf. besonders hervorhebt, so zeigt sich, daß die Störungen der zweiten Gewohnheitsbildung durch das Bestehen der alten Gewohnheit hauptsächlich in der ersten Hälfte der Umlernzeit sich bemerkbar machen. Wurde die Gewöhnung 1 nicht bis zu Ende durchgesetzt, sondern die Dressur auf 1 schon beim 100. Versuche abgebrochen, so waren zum völligen Umlernen nur 475 Versuche erforderlich, also weniger als wenn Gewohnheit 1 fest verankert war. In einer zweiten Versuchsreihe fehlen die Gesichtsreize, sonst ist alles ebenso. Drittens wurde ein kreisförmiges Labyrinth verwendet, das, als Gewöhnung 1, durch folgende Wendungen zur Futterkammer hin durchlaufen werden mußte: Rechts, links, rechts, links. War 1 erlernt, so wurde das ganze Labyrinth mit der Oberseite der Unterlage aufgelegt, so daß jetzt die Wendungen links, rechts, links, rechts zum Ziele führten. Hier wurde 2 wesentlich rascher gelernt als 1 (Erleichterung), doch war auch hier Interferenz in bestimmten Versuchsstadien deutlich. Berechnet man aber die Korrelation für die Leichtigkeit des Lernens und des Umlernens unter Berücksichtigung der einzelnen Tiere, so ergaben sich nirgends, auch nicht bei den Kreislabirynthen, positive Werte. Menschen aber zeigten im grundsätzlich gleichen Falle ausgezeichnete Korrelation. Sie mußten mit verbundenen Augen einen Bleistift durch die Gänge eines Labirynths führen, das durch siebenmaliges abwechselndes Wenden nach rechts und links, beginnend und endigend mit rechts, zu durchfahren war. Hatten sie das erlernt, so wurde auch dieses Labyrinth umgelegt, so daß jetzt die erste und letzte Wendung nach links führte, kurz die alte und die neue Aufgabe im Verhältnis zweier Spiegelbilder zueinander standen. 31 Menschen brauchten für 1 im Mittel 9 Versuche, die zweite spiegelbildlich gleiche Aufgabe wurde von 17 Personen schon beim ersten Versuche gelöst. Die Korrelation zwischen Lernen und Umlernen war hier also außerordentlich hoch, nämlich 0,80. Der Unterschied zwischen dem Ergebnis an Ratte und Mensch und seine Erklärung liegen, wie Ref. glauben möchte, auf der Hand: Die intelligenteren Menschen kamen offenbar alle sofort auf den Gedanken, 2 sei die spiegelbildliche Umkehr von 1 und ersparten sich somit alle die verzögernden Umwege in die Sackgassen, die sie bei der ersten Aufgabe notwendig hatten, um das Prinzip des Labirynthes (wechselweise Wendungen) kennenzulernen. Die Ratten vermochten das natürlich nicht und mußten daher von vorn anfangen. *Kochler, München.*

Ber. üb. d. ges. Physiol. u. experim. Pharmakol. Bd. 18, 1923.

Über den Einfluß des Lichts und der Verdunkelung auf die Papaverschäfte. Die geotropischen Reaktionen der Blütenstiele von Papaver (Mohn) sind schon der Gegenstand zahlreicher physiologischer Untersuchungen gewesen. Im jugendlichen Zustande nehmen sie bekanntlich eine nickende Stellung ein, die durch posi-

tiven Geotropismus bedingt ist. Vöchting gelangte durch bestimmte Experimente zu der Auffassung, daß der Sitz der geotropischen Sensibilität nicht im Blütenstiel selbst ruht, sondern in dem Fruchtknoten der Blüte, die demnach einen dirigierenden Einfluß auf die Bewegungserscheinungen im Schaft ausüben müßte. Neuerdings aber stellte H. Buchholz fest, daß zweifellos die Blütenstiele selbst imstande sind, den geotropischen Reiz aufzunehmen. Ob daneben auch ein korrelatives Eingreifen der Blüte stattfindet, war aus ihren Versuchen nicht eindeutig zu ersehen. Diese Lücke wird nun durch Versuche von Fitting (Jahrb. f. wiss. Bot. 61, 1922) geschlossen, die dartun, „daß wirklich kein geotropischer Einfluß von der Knospe her die positiv geotropische Reaktion des Schaftes beherrscht“. Dafür sprechen Versuche, bei denen die Knospe künstlich aufwärts gebogen wurde, ohne daß das auf die Krümmungsrichtung des Schaftes irgendwie eingewirkt hätte. Weiterhin konnte dann Fitting zeigen, daß der positive Geotropismus des jungen Blütenstieles in hohem Maße durch das Licht beeinflusst wird: verdunkelte Schäfte richten sich auf, anscheinend nicht deshalb, weil sie noch negativ geotropisch, sondern weil sie ageotropisch werden. Auf diese Weise wird ein autotropischer Ausgleich der Krümmung erzielt. Das Licht wirkt also stimmungsändernd, wie dies schon von zahlreichen anderen Fällen bekannt ist. Um diese Stimmungsänderung hervorzurufen, braucht man nicht völlig zu verdunkeln, sondern bei empfindlichen Mohnarten genügt schon eine Herabsetzung der Lichtintensität. Bei Wiederherstellung der normalen Beleuchtungsverhältnisse findet wieder Rückkehr zur normalen positiv geotropischen Reaktion statt. Versuche mit partieller Verdunkelung ergaben, „daß das Licht, bzw. die Verdunkelung direkt auf die Schäfte wirkt; ein deutlicher Einfluß der Knospenbelichtung oder -verdunkelung war nicht nachweisbar“. Danach findet also auch keine phototonische Reizleitung von der Knospe zum Schaft statt. Stark.

Das Aufreißen von kaltgereckten Messinggegenständen. In der Märzversammlung des Institute of Metals vom Jahre 1922 haben Moore und Beckinsale über eine Fortsetzung ihrer Arbeiten vorgetragen, über die in dieser Zeitschrift bereits berichtet worden ist¹⁾. In den berichteten Arbeiten hatten die Verfasser gezeigt, daß die Gefahr des Aufreißen von kaltgereckten Messinggegenständen (mit 70 % Cu und 30 % Zn) durch eine geeignete Erhitzung (in der Regel auf 250–300 °) praktisch beseitigt werden kann, und zwar ohne Veränderung der Härte. Die inneren Spannungen vor und nach der Erhitzung, die die Gefahr des Aufreißen herbeiführen, waren jedoch nicht gemessen worden. Neben einer Reihe weiterer Beobachtungen, die das früher Berichtete bestätigen, haben die Verfasser nun Spannungen absichtlich erzeugt und unmittelbar gemessen. Zu diesem Zwecke wurden Messingbänder (69.6 % Cu, 1.1 % Sn, Rest Zn) unter verschiedenen Bedingungen bis zu einer und derselben Stärke kalt gewalzt, so daß Stücke von verschiedener Härte (120 bis ca. 170 nach Brinell) entstanden. Diese wurden nun auf Bogensegmente verschiedener Durchmesser aufgespannt, so daß sie elastische Biegespannungen von leicht berechenbarer Höhe erhielten, und dann auf 275 ° erhitzt. Nach der Erhitzung kehrten sie beim Entspannen nicht mehr in ihre ursprüngliche (geradlinige) Lage zurück, und aus dem Betrage der bleibenden Biegung konnte die Restbiegespannung berechnet werden. Einige Versuchsergebnisse sind in den Abb. 1–4 wiedergegeben. Als

Abszisse ist überall die Erhitzungszeit aufgetragen, als Ordinate die Spannung in Tonnen pro Quadratzoll. Man sieht, daß die Spannungen in den ersten 10 Minuten sehr schnell und dann sehr viel langsamer abfallen. Die Restspannung ist um so höher, je höher die ursprünglich aufgelegte Spannung war. Der Vergleich von Abb. 1 mit Abb. 2 und von Abb. 3 mit Abb. 4 zeigt auffallenderweise, daß die Restspannung um so kleiner, je größer die Härte des Materials ist. Diese Unterschiede sind jedoch nicht sehr beträchtlich und lassen sich wahrscheinlich auf eine sehr einfache Weise, die den englischen Forschern entgangen zu sein scheint, erklären. Außer den durch die Biegung erzeugten Spannungen müssen die Messingbänder nämlich noch Eigenspannungen haben, die von der Herstellung her-

Fig. 1. Anfängl. Brinellh. 121. Fig. 3. Anfängl. Brinellh. 123.

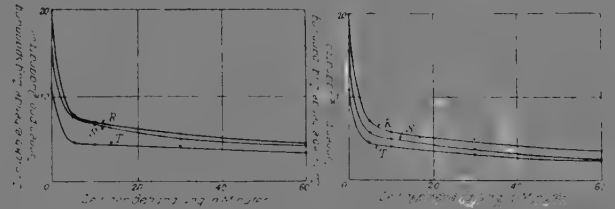
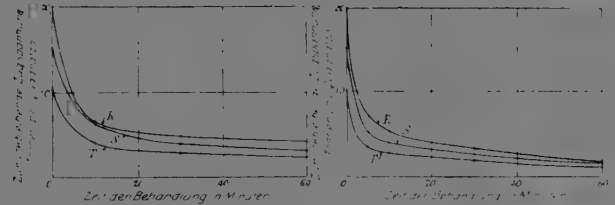


Fig. 2. Anfängl. Brinellh. 167. Fig. 4. Anfängl. Brinellh. 168.



Erhitzungstemperatur 275°. Erhitzungstemperatur 300°. Fig. 1–4. Restbiegespannung in kalt (zu verschiedener Härte) gewalzten, dann elastisch gespannten, dann erhitzten und dann entspannten Messingbändern.

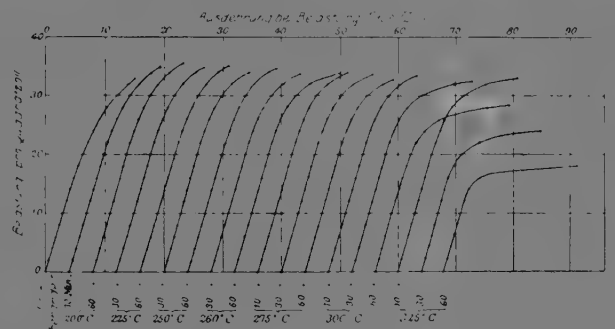


Fig. 5. Zu den Zerreißversuchen an kaltgereckten und dann schwach erhitzten Metallkörpern.

rühren. Diese Eigenspannungen eines Bandes sind um so höher, je größer seine Härte ist, und verbleiben bis zu einem gewissen Betrage auch nach seiner Erhitzung. Um den wahren Betrag der inneren Spannungen zu erhalten, müßte man also außer gemessenen Biegespannungen auch diese Eigenspannungen noch berücksichtigen, wobei die Gesamtspannungen beim Härten und also stärker kaltgereckten Material um einen größeren Betrag zu erhöhen wären, als beim Weichen.

Eine Bestätigung der Existenz von starken inneren Spannungen in hartgereckten Messingstücken und zugleich eine sehr charakteristische Illustration des Verhaltens von kaltgereckten Metallkörpern nach schwächerer Erhitzung bilden die von den Verfassern angeführten Zerreißversuche, deren Resultate in Abb. 5 dargestellt sind. Auf der Abszisse sind die Dehnungen

¹⁾ Naturwissenschaften 1922, S. 1079.

und auf der Ordinate die Belastungen, bezogen auf die Einheit des Querschnittes, aufgetragen. Die Kurven gehören je gruppenweise zusammen, indem bei jeder Gruppe die Erhitzungstemperatur dieselbe ist, die Erhitzungszeiten aber verschieden sind, wie das unter der Abbildung angegeben ist.

Man kann nun der Abbildung folgendes entnehmen: Die Proportionalitätsgrenze, d. h. die Höchstbelastung, bis zu welcher das Hoolesche Gesetz gilt, liegt im kaltgereckten Zustand bei etwa 12 Tonnen pro Quadratzoll. Nach einer Erhitzung auf 225–275° steigt diese Grenze bis auf etwa 20 Tonnen, um bei 300° wieder langsam und bei 325° schneller abzufallen. Einen ähnlichen Verlauf zeigt die Streckgrenze¹⁾, die von 32 auf 35 Tonnen pro Quadratzentimeter ansteigt und bei höheren Temperaturen wieder schnell abfällt.

Dieses Verhalten widerspricht der üblichen Darstellungsweise, daß die Metalle durch Kaltrecken verfestigt werden und ihre untere Elastizitätsgrenze, also auch Proportionalitätsgrenze ansteigt. Die Erklärung für diese Erscheinung ist in überzeugender Weise von Heyn auf Grund der Annahme von inneren Spannungen gegeben worden. Ein gezogener Metallkörper weist, wie Heyn experimentell nachgewiesen hat, erhebliche Längsspannungen auf, und zwar müssen sich Kontraktions- und Dehnungsspannungen gegenseitig das Gleichgewicht halten, weil sonst der Körper nicht seine Form behalten könnte. Wird nun ein mit solchen Spannungen behafteter Körper einem Zerreißversuch unterworfen, so haben die bereits vorher Dehnungsspannungen unterworfen gewesenen Teile viel höhere Belastungen auszuhalten, als sie die Zerreißmaschine anzeigt, und dementsprechend können bereits bei viel niedrigeren

abgelesenen Spannungen dauernde Dehnungen auftreten.

Beim Erwärmen gleichen sich die inneren Spannungen aus und dieser Grund für den Befund einer erniedrigten Proportionalitäts- und Streckgrenze fällt weg. Gleichzeitig wird aber die Verfestigung noch nicht aufgehoben, wie die Härtebestimmungen und der Vergleich mit den Zerreißversuchen mit stärker erhitzten Stücken zeigt. Daraus folgt, daß die Verfestigung eine bis zu einem gewissen Grade von diesen Spannungen unabhängige Erscheinung ist. Heyn hat in seiner bekannten Theorie der Kaltreckung¹⁾ versucht, dieselbe in ähnlicher Weise auf „verborgene elastische Elementarspannungen“ zurückzuführen. Es muß jedoch auf die Schwierigkeit hingewiesen werden, die dieser Theorie durch das verschiedene Temperaturverhalten der beobachteten inneren Spannungen einerseits und der die Verfestigung hervorrufenden Elementarspannungen andererseits entsteht. Es erscheint nicht ohne weiteres verständlich, wieso und warum die Elementarspannungen sich bei höherer Temperatur so viel schwerer ausgleichen können, als die beobachteten inneren Spannungen.

Die Abb. 5 hat ferner auch eine allgemeine technische Bedeutung. Man ersieht aus ihr nämlich, daß, wenn man die Verfestigung eines Metalles durch Kaltrecken voll ausnutzen will, man das Metall nicht unmittelbar im kaltgereckten, sondern off in einem vorsichtig angelassenen Zustand benutzen muß. Dann liegt nicht nur die Elastizitätsgrenze höher, sondern auch die Härte ist oft etwas größer, als unmittelbar nach dem Kaltrecken, wie ebenfalls die Versuche von Moore und Beckinsale gezeigt haben²⁾. G. Masing.

Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg i. Br.

Die Naturforschende Gesellschaft Freiburg i. Br. veranstaltete 1922, im 101. Jahre ihres Bestehens 14 öffentliche Vorträge, von denen 8 im Autorreferat vorliegen. Ein Teil der übrigen ist in den „Naturwissenschaften“ als Abhandlung erschienen, ein anderer, kleinster Teil, war zusammenfassender Art.

H. Spemann: Über eineiige Zwillinge. Aus den Eiern vieler Tiere, so auch der Tritonen, lassen sich bekanntlich nach medianer Durchtrennung im Zweizellenstadium Zwillinge erzielen, die als „eineiige Zwillinge“ zu bezeichnen sind. Wird die Durchtrennung in späteren Stadien an der Blastula oder beginnenden Gastrula vorgenommen, so zeigen die beiden Keimhälften sehr deutliche Postgenerationsercheinungen. Dabei bleibt die innere, der Trennungsebene zugekehrte Seite lange Zeit, oft dauernd, schwächer entwickelt als die äußere, die Larve daher nach innen eingekrümmt. Beim rechten Zwilling wurde wieder, wie schon früher, in etwa der Hälfte der Fälle Situs inversus viscerum et cordis beobachtet.

E. Küppers: Wesen und Erscheinungen des Schlafes. Im Anschluß an die Darstellungen der Erscheinungen des Schlafes wurde eine neue Schlaftheorie entwickelt, die auf einer Neueinteilung des Nervensystems in einen muralen, einen binnenvvegetativen und einen animalischen Abschnitt beruht und mit den Fragen der Lokalisation des Psychischen zusammenhängt. (Diese Theorie ist unterdessen im 75. Bande der Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie unter dem Titel: „Der Grundplan des Nervensystems und die Lokalisation des Psychischen“ veröffentlicht worden.)

¹⁾ Als Streckgrenze gilt diejenige Belastung, bei der die bleibende Dehnung einen gerade eben feststellbaren Betrag erreicht. Als solcher wird z. B. konventionell 0,1 oder 0,2 % der Länge angenommen. Die Streckgrenze wird dann als $\sigma_{0,1}$ bzw. $\sigma_{0,2}$ bezeichnet.

N. Krebs: Neuere Forschungen in der Sahara. Der Vortragende charakterisiert zunächst die Gegenwart als Zeit, da die großen Entdeckungen vorbei sind und die Deutschen, die eine Reihe ausgezeichnete Pioniere ausgesandt hatten, Vertretern anderer Nationen das Feld räumen mußten, welche in militärisch-politischen Missionen unbekannte Strecken durchmessen. Entdeckerehrgeiz fehlt nicht, steht aber an zweiter Stelle; wirtschaftliche Interessen kommen in der Sahara nicht mehr in Betracht, da der Sudan nur gegen die Guineaküste und Senegambien gravitiert. Er charakterisiert dann die Expeditionen Angières-Dauzanne (Winter 1920/21) in der westlichen Sahara, die Forschungen Tilhos (1913–1917) in Tibesti, Borku, Erdi und Ennedi und die Expedition der Miß Forbes (Winter 1920/21) in die Kufra-Oasen und referiert über die wichtigsten Ergebnisse dieser Reisen. Es ergeben sich daraus lehrreiche Vergleiche über die Verschiedenheiten in der westlichen und östlichen Sahara, Hinweise auf eine früher weiter verbreitete Besiedlung, die Gegensätze zwischen Nomadenbevölkerung in W und Oasensiedlungen in O usw. An der Hand von Lichtbildern und Gesteinsproben führt der Redner dann in die morphologischen Probleme der Wüste ein und zeigt, daß die Salzverwitterung und die intensive chemische und mechanische Sonnenwirkung die bezeichnendsten Erscheinungen des ariden Klimas schaffen, während die

¹⁾ Festschrift der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 1921.

²⁾ Berichtet in den Naturwissenschaften 1922, S. 1079.

Windwirkungen oft sehr zurücktreten und auch nicht für die Wüste allein typisch sind.

In gemeinsamer Sitzung mit der Gesellschaft für Rassenhygiene, Ortsgruppe Freiburg, sprach *Lenz-München* über: **Die Ursachen der Übersterblichkeit männlicher Säuglinge.** Zum Zustandekommen der Säuglingssterblichkeit tragen außer Einflüssen der Umwelt auch krankhafte Erbanlagen bei. Auf letale Erbanlagen, wie sie *Morgan* bei der amerikanischen Obstfliege *Drosophila* gefunden hat, ist auch ein Teil der Fehlgeburten beim Menschen sowie der Geburt nicht lebensfähiger Früchte zurückzuführen. Durch Auswirkung geschlechtsgebunden rezessiver krankhafter Erbanlagen erklärt sich auch die Übersterblichkeit männlicher Säuglinge gegenüber den weiblichen, und ebenso das Überwiegen männlicher Früchte bei den Fehlgeburten. Da der Mensch anscheinend 12 Chromosomenpaare hat, so würde unter der willkürlichen Annahme, daß jedes Chromosom der Träger von 100 Erbinheiten sei, eine Übersterblichkeit männlicher Säuglinge im Umfange der tatsächlich beobachteten zu erwarten sein, wenn nur jede 4000. Erbinheit rezessiv letal wäre. In Wirklichkeit wird es sich hauptsächlich um krankhafte Erbanlagen handeln, die nicht unbedingt letal sind, sondern die nur eine verminderte Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Schädlichkeiten bedingen, wofür Erfahrungen *Morgans*, *Whitings* und *Justs* an *Drosophila* als Analogie herangezogen werden. Die Übersterblichkeit männlicher Säuglinge ist also wahrscheinlich nicht durch eine geringere Widerstandsfähigkeit des männlichen Geschlechts als solchen, sondern durch die Verbreitung krankhafter Erbanlagen in einer Bevölkerung bedingt. Bei Naturvölkern scheint eine Übersterblichkeit männlicher Säuglinge nicht vorhanden zu sein. Diese ist daher eine Art von Index des Entartungszustandes.

W. Hildebrandt: Die Grippe im Felde und in der Heimat. Die Grippe ist seit 1510 als epidemische Krankheit bekannt, die in verhältnismäßig kleinen Abständen ihre Wanderzüge antritt. Was 1918 als „spanische“ Grippe bezeichnet wurde, trug vormals entsprechend andere Namen, wenn die Grippe aus anderer Himmelsrichtung nach Deutschland kam; so gab es einst auch eine „polnische“ Grippe.

Die Epidemie von 1918 kam nicht unerwartet. *Hübschmann* fand 1915 an der Leiche so auffallend viel Grippeveränderungen, vor allem in den Lungen, daß er das Nahen einer Epidemie vermuten konnte. Ich selbst stellte im Februar 1916 zuerst Grippe im Felde (Flandern) fest; auch der Nachweis der Krankheitserreger der Influenzabazillen, gelang damals im Laboratorium des beratenden Hygienikers der vierten Armee.

Schon 1916 und 1917 habe ich teils im eigenen Lazarett, teils in anderen Lazaretten, die ich als beratender innerer Mediziner der 4. Armee besuchte, eine erhebliche Anzahl von Grippeepidemien beobachtet. In Flandern trat die erste große Epidemie im April 1918 auf; an diese schloß sich dann von Mai an die allgemeine Grippeerkrankung der Front, die stellenweise, da auch der Feind in ähnlicher Weise litt, zu einem Stillstand der Kampftätigkeit führte. Es waren in diesen Epidemien die bekannten Grippeerscheinungen vorhanden, unter denen die auch nach der Entfieberung anhaltende große Mattigkeit besonders hervortrat.

Erst nach Wochen, etwa vom Juli an, traten die gefürchteten Lungenentzündungen hinzu, die zunehmend mehr Opfer forderten. Gerade die Kräftigsten und Besten sind ihr erlegen, vielleicht deshalb, weil sie die Anfänge der Grippe geflissentlich nicht achteten, um weiter im Graben ihre Pflicht zu tun. Die tödlichen

Lungenentzündungen sah ich nie als erste Erscheinungsform der Grippe, sondern stets als Rückfallszeichen. Es spielten dabei sogen. Sekundärinfektionen eine wichtige Rolle, d. h. andere krankmachende Spaltpilze siedelten sich in der durch die Grippe geschädigten Lunge an und verursachten die tödliche Lungenentzündung, die anfangs bei den Nichtärzten den Verdacht erweckte, es möchte sich um Lungenpest handeln, zumal ihre Besonderheit sehr wohl den Namen „Schwarzer Tod“ für sie rechtfertigen könnte.

Unter der Zivilbevölkerung Flanderns wütete dieser „Schwarze Tod“ in der gleichen Weise, wie unter uns. Ich sah nie so viele Leichenwagen in einer Stadt fahren, wie in Antwerpen kurz vor dem Waffenstillstande.

In der Heimat im wesentlichen das gleiche Bild. Hier waren dem „Schwarzen Tod“ vor allem vollsaftige junge Mädchen und Frauen, in Sonderheit Schwangere und Gebärende ausgesetzt.

Nach dem Ende des Krieges traten die schweren Lungenentzündungen rasch zurück, neu hinzu kamen Gehirnerscheinungen, die vielfach unter dem Bilde einer „Schlafkrankheit“ verliefen.

Seit 1919 liegt die Hauptbedeutung der Grippe in ihren Folgezuständen und Nachkrankheiten, insbesondere in den chronischen Lungenveränderungen, die recht häufig das Bild der Lungentuberkulose vortäuschen können.

Die Unterscheidung zwischen sogen. chronischer Grippe und Tuberkulose kann überaus schwierig sein. Genäue Untersuchungen des Blutes hinsichtlich des Verhaltens der weißen Blutkörperchen lehrten mich, daß man dabei wichtige Unterschiede feststellen kann, die zur Unterscheidung von chronischer Grippe und Tuberkulose dienen können, was praktisch von sehr großer Bedeutung ist.

Die Behandlung einer „chronischen“ Grippe erfordert viel Geduld vonseiten des Kranken wie des Arztes; Vorbedingung des Erfolges ist natürlich das richtige Erkennen der vorliegenden Erkrankung.

Ernst Margold: Neues über Reiz und Erregung im Lebensvorgang. Jeder physiologische Reaktionsvorgang hat zur Voraussetzung das erregbare lebende Gebilde und den Reiz. Reiz ist jede äußere Veränderung, die auf lebende Substanz so einzuwirken vermag, daß diese selbst mit einer Veränderung im Ablaufe ihrer Lebensvorgänge reagiert. Der Reiz als physikalische oder chemische Veränderung braucht ursprünglich mit dem reizaufnehmenden Gebilde in keiner Beziehung zu stehen. Reiz ist nicht jede Veränderung der äußeren Lebensbedingungen oder eine zu den Ruhebedingungen hinzutretende Komplementärbedingung. Reizaufnahme ist die Gesamtheit der bei einem Reaktionsvorgange bis zum Auftreten der Erregung in dem lebenden Gebilde sich abspielenden Vorgänge. Dabei ist streng zu unterscheiden zwischen der Suszeption als der physikalischen oder chemischen Reizaufnahme am Orte der ersten Berührung mit dem Reize, wobei sich der Organismus rein passiv verhält, und der Rezeption als der physiologischen Reizaufnahme, bei der das lebende Gebilde durch das Auftreten der ersten Erregung aktiv beteiligt ist. Der Ausdruck Perzeption sollte für das Bewußtwerden einer Empfindung vorbehalten bleiben.

Zwischen dem Suszeptionsort und dem Rezeptionsort (Rezeptor) findet, falls beide nicht zusammenfallen, echte Reizleitung statt (indirekte Reizung). Bei direkter Reizung sind Suszeptions- und Rezeptionsort identisch. Reizleitung ist die Leitung eines Reizes von

1) Ausführlich erschienen unter dem Titel: Reiz und Erregung, Reizleitung und Erregungsleitung. Ergebnisse der Physiol. 1923, S. 361.

Suszeptions- zum Rezeptionsort. Die Reizleitung kann bei tierischen und pflanzlichen Organismen physikalischer oder chemischer Natur sein. Wenn nicht der primäre Reiz, sondern eine durch diesen hervorgerufene passive Veränderung, also ein sekundärer Reiz, fortgeleitet wird, so ist dies sekundäre Reizleitung. Im Gegensatz zur Reizleitung wird bei der Erregungsleitung ein Erregungsvorgang übertragen. Erregung ist jede aktive Veränderung der in einem lebenden Gebilde ablaufenden Vorgänge. Bei einer Reizbeantwortung umfaßt die Erregung die Rezeption, Erregungsleitung und Reaktion. Es gibt auch Rezeption ohne Reaktion. Erregungsleitung ist die Übertragung einer Erregung vom Rezeptions- zum Reaktionsort, und setzt voraus, daß beide nicht identisch sind. Wenn die Reaktion sich über verschiedene Teile eines Organs, also verschiedene Reaktionsorte ausbreitet, so tritt Reaktionsleitung oder Aktionsleitung ein. Der Lebensvorgang kann als fortwährende Erregung durch Reize aufgefaßt werden. Die Analyse der Reiz- und Erregungsvorgänge wird durch einfache bildliche Schemata erläutert.

Präje: Bau und Bild Helgolands. Helgoland baut sich zusammen mit der vorgelagerten Düne aus den Schichten des Mesozoikum, des Mittelalters der Erdgeschichte auf. Aus den Gesteinen kann man auf ihre Entstehungsgeschichte schließen, so dürfte beim mittleren Buntsandstein, um mit der ältesten aufgeschlossenen Schichtserie zu beginnen, Wüste oder Steppe mit einzelnen Regengüssen, also Festland in unserem Gebiet gewesen sein. Die Betrachtung der weiteren Schichten ergibt ein Übergreifen des Meeres, also Senken des Bodens im unteren Muschelkalk, ein Heben im mittleren und ein erneutes, länger andauerndes Sinken im oberen Muschelkalk. Während der Keuper- und Jurazeit herrschte wieder Festland, und es konnten keine Gesteine abgesetzt werden, und diese Zeit erscheint uns dadurch heute als Lücke in der Schichtenfolge. Erst in der Kreidezeit brach das Meer wieder herein.

Im Tertiär erfolgte der große Bruch im Westen, das Schrägstellen einer gewaltigen Scholle, wohl unterstützt durch den Salzdruck von unten (Helgoland also ein Salzhorst). Erneute Überflutung im Jungtertiär und die Gletscher der Eiszeit schufen die ebene Fläche des Oberlandes. Die nun einsetzende Zerstörung griff ziemlich rasch vor und fand noch bis in historische Zeit hinein auf der Düne Felsen aus Kreide und Gips vor.

Heute versuchen mit gutem Erfolge Schutzmauern dem Vordringen des Meeres Einhalt zu gebieten, so daß wir allen Grund haben, sie weiterzuführen.

Grünwald: Die Grundprobleme der Graphologie. Die moderne Graphologie hat mit den Lehren jener kanonischen aus Frankreich stammenden Graphologie, die besser „Chirogramatomantie“ benannt würde, nichts zu tun; nach den Arbeiten der deutschen graphologischen Gesellschaft muß sie vielmehr als Teildisziplin in die allgemeine psychologische Ausdruckslehre aufgenommen werden. Mit dieser Verpflanzung der Graphologie auf den Boden eines umfassenden Denkbereiches von streng wissenschaftlicher Prägung verdient die Lehre von der „Handschrift als Ausdrucksbewegung“ aus der Para- in die Orthostellung zu den Wissenschaften gerückt zu werden. Daß diese Forderung in nichts präjudiziert ist, läßt sich beweisen auf experimentellem Wege durch die Kräpelinische Schreibwage, die das Produkt der Schreibfähigkeit nicht von der Hand, sondern von dem seelischen Antrieb dieser abhängig erscheinen läßt, ferner durch hypnotische Ex-

perimente, wobei sich den Suggestionen entsprechende Veränderungen der Handschrift nachweisen lassen. Auch die Beeinflussungen der Handschrift im Laufe der persönlichen Entwicklung und in besonderen Affektzuständen weisen auf enge Beziehungen zu den verschiedenen formalen Weisen im Ablauf des seelischen Geschehens hin. In outrierter Zuspitzung lassen sich die Ergebnisse der Untersuchungen dahin zusammenfassen, die „Handschrift ist eine „Gehirn“schrift.

Die Fragestellung heißt nun, auf welche Vorgänge im Gehirn ist es zurückzuführen, daß die Schreibbewegung trotz ihrer Eigenschaft als Willkürbewegung doch als Ausdrucksbewegung aufgefaßt werden kann, d. h. daß bei ihrem Ablauf unbewußte unwillkürliche Triebhandlungen eine Rolle spielen. Die jüngsten Entdeckungen auf dem Gebiete der Neurologie, die sich um den Begriff der extrapyramidalen Bewegungsstörungen kristallisieren, vermögen uns zu einer Beantwortung zu verhelfen. Denn in diesen extrapyramidalen Gehirnzentren haben wir ein stammesgeschichtlich uraltes Bewegungsorgan zu erblicken, das auf Grund uns von unseren Ahnen überkommener Erfahrungen primitive, unwillkürliche Bewegungsvorgänge vermittelt; diese sogen. Automatismen werden als elementare Teilbewegungen in die durch die Pyramidenzellen der Hirnrinde veranlaßten Willkürbewegungen aufgenommen. Auch in die Schreibbewegung als von uns erlernter bewußter Willenshandlung laufen dauernd accidentelle, autonome Faktoren in Gestalt dieser Automatismen ein, so daß ihre Ablaufform von uns ererbten Größen mitbestimmt wird. Der Wille ist hier verschweißt mit den Mächten des Blutes. Die Eigenart des Schreibens, die an diese vererbten Größen verknüpft ist, greift gestaltend in den Ablauf der Schreibbewegung ein und belebt somit die erlernte Willenshandlung zur Ausdrucksbewegung. Dem psychologischen Erklärungsbestreben (*Klages*) durch Zurückführen der Gestaltungskraft der Handschrift auf den Dualismus von Takt und Rhythmus soll hier der hirnpfysiologische Erklärungsversuch zur Seite gestellt werden, nach dem der Ausdruckswert der Handschrift auf ihrer Doppelnatur als einer Willkür- und zugleich Triebbewegung beruht.

Wie nun das Einlaufen der erbten Automatismen in die Willkürbewegungen diese zu Ausdrucksbewegungen macht, so beruht auch umgekehrt auf ihnen unsere Fähigkeit des unbewußten intuitiven Erfassens des Ausdrucksgehaltes einer Körperbewegung. Denn während die Willenskomponente ihr Ziel außerhalb des Organismus hat, zu dessen Erreichung sie diesen strafft, finden die Automatismen ihre Speisung lediglich aus dem Innern des Menschen, so daß in ihnen im wesentlichen die Eigenarten des Handelnden zum Ausdruck kommen. Die Fähigkeit aber, von der unmittelbaren Gestaltungskraft dieser primitiven Bewegungsbestandteile ergriffen zu werden, läßt sich aus ihrer Natur als stammesgeschichtliches Erbgut ableiten.

Die Handschrift verdient deswegen in der Reihe der Ausdrucksbewegungen eine besondere Beachtung, weil sie als das bleibend gegenständliche Ergebnis der persönlichen Schreibbewegung eine Dauertixierung darstellt, die einer gründlichen Untersuchung der Beziehungen zwischen ihren Besonderheiten und den darin zum Ausdruck kommenden seelischen Eigenarten standhält, während die psychologische Forschung bei der Analyse derjenigen Ausdrucksbewegungen, die nur flüchtige Eindrücke hinterlassen, auf technische Hilfsmittel zu ihrem Festhalten und objektiven Registrieren angewiesen ist.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 27. (Seite 533—624.)

6. Juli 1923.

Elfter Jahrgang

DIE ERSTEN ZEHN JAHRE

DER

THEORIE VON NIELS BOHR

ÜBER DEN BAU DER ATOME

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

Soeben erschienen:

Konstanten der Atomphysik

Herausgegeben von

Dr. Walther A. Roth

Dr. Karl Scheel

Professor an der Technischen
Hochschule in Braunschweig

und Professor an der Phys.
Techn. Reichsanstalt in
Charlottenburg

Unter besonderer Mitwirkung von

Dr. E. Regener

Professor an der Technischen Hochschule
in Stuttgart

(VI, 114 Seiten) Gebunden GZ. 8; Fürs Ausland: Schw. Fr. 10.—

Sonderdruck aus der fünften Auflage:

**Landolt - Börnstein - Roth - Scheel,
Physikalisch-chemische Tabellen**

Die Grundsatz (G. Z.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.



Niels Bohr

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang.

6. Juli 1923.

Heft 27.

DIE ERSTEN ZEHN JAHRE DER THEORIE VON NIELS BOHR ÜBER DEN BAU DER ATOME

Inhalt:

	Seite
Die Bohrsche Atomtheorie. <i>Von Max Planck, Berlin</i>	535
Quantentheorie und Störungsrechnung. <i>Von Max Born, Göttingen</i>	537
Adiabatische Transformationen in der Quantentheorie und ihre Behandlung durch Niels Bohr. <i>Von P. Ehrenfest, Leiden</i>	543
Das Korrespondenzprinzip und der Schalenbau des Atoms. <i>Von H. A. Kramers, Kopen- hagen</i>	550
Fluoreszenz von Gasen. <i>Von J. Franck, Göttingen, und P. Pringsheim, Berlin</i>	559
Bohrsche Theorie und Elektronenstoß. <i>Von G. Hertz, Eindhoven</i>	564
Röntgenspektren und Bohrsche Atomtheorie. <i>Von D. Coster, Kopenhagen</i>	567
Bandenspektren und Molekülmodelle. <i>Von A. Kratzer, Münster i. W.</i>	577
Absorption, Zerstreuung und Dispersion in der Bohrschen Atomtheorie. <i>Von R. Laden- burg und F. Reiche, Breslau</i>	584
Die Beziehungen der Bohrschen Atomtheorie zur Deutung chemischer Vorgänge. <i>Von W. Kossel, Kiel</i>	598
Bohrsche Theorie und Radioaktivität. <i>Von G. v. Hevesy, Kopenhagen</i>	604

* * *

Über den Bau der Atome. <i>Von N. Bohr, Kopenhagen</i>	606
(Vortrag, gehalten in Stockholm, den 11. Dezember 1922, anlässlich der Ent- gegennahme des Nobelpreises für Physik für das Jahr 1922. Ins Deutsche über- setzt von W. Pauli jr.)	

Anmerkung der Schriftleitung. Das vorliegende Heft lag bereits abgeschlossen vor, als die Nobelpreisrede von Niels Bohr in die Hände der Schriftleitung gelangte. Die Veröffentlichung an dieser Stelle im Zusammenhange mit den voranstehenden Arbeiten entspringt dem Wunsche der Schriftleitung, dem zweifellos grossen Interesse der Leser dafür gerecht zu werden.

Die Bohrsche Atomtheorie.

Von Max Planck, Berlin.

Im Laufe des Juli werden es zehn Jahre, daß in den Heften des Phil. Mag. unter dem Titel „Über die Konstitution der Atome und Moleküle“ eine Reihe von Aufsätzen ihren Anfang nahm, in denen der Dr. phil. N. Bohr in Kopenhagen eine neue, an das Rutherford'sche Atommodell anknüpfende Theorie der elementaren Vorgänge in den Atomen entwickelte — eine Theorie, deren großartige Erfolge zu der Kühnheit ihrer Annahmen und zu der Vollständigkeit ihres Bruches mit lange eingebürgerten, wohl begründeten und mannigfach bewährten Anschauungen in einem Gegensatz stehen, der in der Geschichte der exakten Wissenschaften kaum seinesgleichen hat. Wohl mag es daher heute angezeigt erscheinen, dieses eigenartigen Merksteins in der Entwicklung der theoretischen Physik mit einigen Worten zu gedenken.

Zunächst muß es jedem Unbefangenen kaum begreiflich vorkommen, wie es überhaupt möglich war, daß ein derartiger Frontalangriff auf die so sicher fundierte, so sorgfältig abgerundete und vielseitig erprobte klassische Theorie, wie sie zuletzt durch die Forschungen eines *Helmholtz*, *Lord Kelvin*, *Boltzmann*, *Lorentz* ihr scheinbar endgültiges Gepräge erhalten hatte, so rasch gelingen konnte, und es mag im Zusammenhang damit wohl sogar ein Zweifel sich regen, ob angesichts solcher Vorkommnisse die Physik überhaupt noch den Anspruch erheben darf, als die bestbegründete unter den Naturwissenschaften zu gelten. Solchen Erwägungen ist zunächst nichts weiter entgegenzuhalten als der Hinweis auf die verblüffenden Erfolge, welche die Bohrsche Theorie gleich zu Anfang aufzuweisen hatte, und die sich im Laufe ihrer weiteren Entwicklung durch die Arbeiten ihres Urhebers und seiner Mitarbeiter in auffälliger Weise vermehrt haben. Es sei hier nur auf den einen wichtigen Umstand hingewiesen, der von Kritikern manchmal übersehen zu werden scheint, daß die Bohrsche Theorie, auch in ihren speziellsten Anwendungen, keiner einzigen neuen Konstanten bedarf, daß sie vielmehr vollkommen ausreicht mit den Elementarquanten der Masse, der elektrischen Ladung und der Wirkungsgröße, und daß sie allein mit diesen Größen und mit der natürlichen Reihe der ganzen Zahlen nicht nur das jahrzehntelang jeder theoretischen Erklärung unzugängliche Labyrinth der spektroskopischen Erscheinungen erschlossen, sondern auch darüber hinaus auf allen anderen Gebieten der Atomistik neue Zusammenhänge aufgedeckt, ja schließlich sogar die Grenze zwischen Physik und Chemie prinzipiell vollkommen beseitigt hat. Fürwahr:

wenn es die vornehmste Aufgabe der Theorie ist, die Anschauungen den Tatsachen anzupassen und nicht umgekehrt, so kann der Physiker über seine Stellungnahme zur Bohrschen Theorie nicht im Zweifel sein.

Freilich ist es nicht damit getan, daß man nun einfach alles Bisherige fortwirft und mit fliegenden Fahnen in das Lager des neuen Propheten übergeht. Das wäre noch weit schlimmer als die grundsätzliche Opposition, das starre Festhalten am Überlieferten. Denn eine solche Auffassung würde einen inneren Widerspruch in sich bergen, sie würde mit der altbewährten klassischen Theorie zugleich die Basis verleugnen, auf der auch die Bohrsche Theorie sich aufbaut. Vielmehr erstet dem gewissenhaften Theoretiker jetzt die ebenso dringende wie schwierige Aufgabe, aus dem System der klassischen Theorie diejenigen Bestandteile abzutrennen und auszumerzen, welche für die neue Theorie unbrauchbar und unannehmbar sind, die übrigen Bestandteile aber mit den neu hinzuzunehmenden Hypothesen zu vereinigen und diese Gemeinschaft in ihren weiteren Konsequenzen auszubilden. Dabei hat sich schon jetzt gezeigt, daß die Anzahl der logisch voneinander unabhängigen Axiome, aus denen die klassische Theorie zusammengesetzt ist, sehr viel größer ist als man ursprünglich wohl vermutete, da man diese Theorie gewissermaßen als aus einem einzigen Guß gebildet ansah. Daß dem nicht so ist, werden wir mit der Zeit immer besser verstehen lernen, wir werden manchen scheinbar selbstverständlichen Satz der klassischen Theorie, wie z. B. den, daß einer emittierten periodischen Welle stets ein Schwingungsvorgang mit der nämlichen Periode im Emissionszentrum entspricht, als unwesentlich und entbehrlich erkennen, ebenso wie wir durch die Einsteinsche Relativitätstheorie daran gewöhnt worden sind, daß dem scheinbar elementaren Begriff der Gleichzeitigkeit für zwei an verschiedenen Orten stattfindende Ereignisse gar keine objektive Bedeutung zukommt.

Zur Durchführung eines solchen der bisherigen klassischen Theorie aufzuerlegenden Läuterungsprozesses bedarf es allerdings nicht nur der logischen, sondern vor allem der induktiven Forschung, und diese erfordert neben einer ausgesprochenen Begabung für die Kunst der Synthese in erster Linie den Sinn für die Wirklichkeit, wie wir ihn bei N. Bohr so besonders ausgeprägt finden. Denn allein aus diesem Wirklichkeitssinn, aus dem Respekt vor den Tatsachen konnte er ohne Zweifel den Mut schöpfen, dessen es bedurfte, um einem scheinbar vollkommenen und

für alle Zeiten gefestigten Gedankensystem ein neues von unerhörter Kühnheit entgegensustellen und mit feinem wissenschaftlichen Taktgefühl für die Natur der Fäden, welche die Teile des alten Systems miteinander verknüpften, einige derselben zu zerreißen, um dafür andere desto fester spannen zu können.

Von einer einigermaßen befriedigenden Lösung der durch die Einführung der Quantentheorie in die Atomistik aufgeworfenen Probleme kann allerdings gegenwärtig noch lange nicht die Rede sein. Ja nicht einmal die Frage nach den Grenzen des Gültigkeitsbereichs der klassischen Theorie läßt sich heute endgültig beantworten, vielmehr bestehen hierüber zurzeit noch erhebliche Meinungsverschiedenheiten. So gibt es namhafte Physiker, welche den Prinzipien der klassischen Theorie im Grunde nur eine statistische Bedeutung zuerkennen wollen, ähnlich etwa wie bei einer periodischen Schallwelle die einfachen Gesetze der aufeinander folgenden Verdichtungen und Verdünnungen eines kontinuierlichen elastischen Mediums nur vorgetäuscht werden durch die statistischen Gesetzmäßigkeiten in den feinen unregelmäßigen Bewegungen der einzelnen unveränderlichen Moleküle. Eine solche Auffassung scheint mir jedoch weit über das Ziel hinauszuschießen, schon deshalb, weil sie mit der Preisgabe der klassischen Dynamik zugleich auch einer jeden rationellen Statistik die Grundlage entzieht. Aber auch direkter genügt ein Hinweis auf die von der Bohrschen Theorie postulierten Keplerbewegungen der Elektronen in einem einzelnen Atom von kleiner Ordnungszahl, bei denen doch von Statistik keine Rede ist, um erkennen zu lassen, daß selbst bei diesen allerfeinsten Vorgängen ohne die Grundgleichungen der klassischen Dynamik nicht auszukommen ist.

Besser wird den Verhältnissen eine Auffassung gerecht, welche, ausgehend von den bei der Wärmestrahlung festgestellten Gesetzmäßigkeiten, das Verhältnis der klassischen Theorie zur Quantentheorie in der Weise formuliert, daß für langsamere Vorgänge (längere Wellen) und größere Energien (höhere Temperaturen) die beiden Theorien asymptotisch ineinander übergehen. Diese Auffassung trifft jedenfalls insofern das Richtige, als sie die Bedingung, daß die Größe des Wirkungsquantums unendlich klein gesetzt werden kann, in Zusammenhang bringt mit dem Umstand, daß für hinreichend große Quantenzahlen die Differenz zweier aufeinander folgender Zahlen klein wird gegen die Zahlen selbst, und sie hat auch bei der Aufstellung des überaus fruchtbaren Korrespondenzprinzips eine entscheidende Rolle gespielt; aber sie darf, wie auch Bohr selber hervorhebt, nicht zu der Auffassung verleiten, als ob für hohe Quantenzahlen die Quantentheorie mit der klassischen Theorie vollkommen verschmilzt. Das ist so wenig der Fall, als jemals eine diskrete Mannigfaltigkeit durch noch

so enge Annäherung ihrer Elemente in eine stetige Mannigfaltigkeit übergeführt werden kann. Nur in angenähertem, statistischem Sinne ist also diese Verschmelzung zu verstehen. In der Tat ist die von einem einzelnen Atom emittierte Strahlung nach der Bohrschen Theorie stets streng monochromatisch, nach der klassischen Theorie dagegen im allgemeinen mit Ober-tönen behaftet, die von der Schwingungsform der Elektronen im Atom abhängen. Oder, um ein anderes Beispiel zu gebrauchen: nach der Quantentheorie enthalten die Einsteinschen Schwan-kungen der Wärmestrahlung außer dem durch die gewöhnliche Interferenz benachbarter Strahlen bedingten Glied noch ein der klassischen Theorie durchaus fremdes, dem Wirkungsquantum proportionales Glied, welches auch bei den höchsten Temperaturen nicht vollkommen verschwindet. Daraus den Schluß zu ziehen, daß für die Ausbreitung der Energiestrahlung im freien Raum die Gesetze der klassischen Theorie nicht mehr gelten, erscheint mir allerdings heute zum mindesten noch verfrüht.

Eine dritte Auffassung des Verhältnisses der klassischen Theorie zur Bohrschen Atomistik, welche noch tiefer in die Natur des Problems hineinführt, gründet sich auf den Satz, daß bei einfach oder mehrfach periodischen Systemen die Differentialgleichungen der klassischen Dynamik für die sogenannten stationären, strahlungslosen Zustände ihre Gültigkeit vollkommen behalten, sofern man eben von der Strahlung absieht, daß aber die in den Integralen dieser Gleichungen auftretenden Konstanten nicht beliebige, sondern nur gewisse bestimmte durch ganze Quantenzahlen charakterisierte Werte besitzen können, deren Anzahl sich übrigens nicht nach der Anzahl der Freiheitsgrade, sondern nach der Zahl der Schwingungsperioden, dem sogenannten Periodizitätsgrad, richtet. Obwohl diese Auffassung bei der Anwendung der Theorie auf eine ganze Reihe von Erscheinungen bereits gute Früchte getragen hat, scheint sie sich doch nicht ohne weiteres auf verwickeltere Elektronensysteme, wie sie die Atome von höheren Ordnungszahlen darbieten, übertragen zu lassen — nach H. A. Kramers besitzt sie schon bei den zwei Elektronen des Heliumatoms keine genaue Gültigkeit mehr — und sie versagt gänzlich bei der Frage nach den Wechselwirkungen verschiedener Atomsysteme. Hier wird sich voraussichtlich ein tiefer Eingriff in das Gedankensystem der klassischen Theorie als notwendig erweisen, dessen charakteristische Merkmale einstweilen noch ziemlich im Dunkeln liegen.

Den schwierigsten Punkt des Problems bildet aber wohl die Frage nach den Einzelheiten des Vorgangs der Strahlungsemission und Absorption. Die Bohrsche Theorie spricht von einem Übergang eines Atomsystems aus einem stationären Zustand in einen anderen stationären Zustand, und sie lehrt die Frequenz der emittierten Strah-

lung aus der Energiedifferenz der beiden Zustände berechnen, aber sie gibt weder auf die Frage nach der Zeitdauer des Übergangs noch auf die nach der Anzahl der emittierten Wellen eine Antwort. Daß bei dem Übergang von einem Sprung im mathematischen Sinne nicht die Rede sein kann, geht schon aus der Erwägung hervor, daß die emittierte Strahlung monochromatisch ist und jedenfalls soviel kohärente Wellenlängen umfaßt, daß sie noch bei einem Gangunterschied von etwa einer Million Wellenlängen mit sich selber interferenzfähig bleibt. Das macht z. B. bei der H_α -Linie eine Strecke von der Größenordnung 1 m aus. Es ist kaum denkbar, daß eine diese Strecke bedeckende Energiemenge gänzlich zeitlos entstehen sollte, falls man überhaupt an der Gültigkeit des Energieprinzips festhält. Vielmehr wird man die Zeitdauer des Emissionsaktes, die sogenannte Abklingungszeit des emittierenden Atoms, von der Größenordnung derjenigen Zeit annehmen, welche die Strahlung gebraucht, um die berechnete Wegstrecke zurückzulegen, also im vorliegenden Beispiel etwa 10^{-9} Sekunden. Weiter erhebt sich dann aber sogleich auch die Frage nach dem Verhältnis dieser Abklingungszeit zu der sogenannten Verweilzeit, d. h. zu derjenigen Zeit, welche das durch irgendeinen äußeren Anstoß in eine höhere Quantenbahn gehobene Atom in seinem angeregten Zustand verbleibt. Dieselbe ist sicherlich nicht so bedeutend, daß man ihr gegenüber die Abklingungszeit ganz vernachlässigen kann, wenn man auch wohl nicht so weit zu gehen braucht wie G. Mie, welcher den Abklingungsakt sofort nach erfolgter Anregung ohne jede Verweilzeit beginnen zu lassen geneigt ist. Hoffentlich werden die von W. Wien begonnenen experimentellen Untersuchungen über diese Verhältnisse etwas mehr Licht verbreiten.

Jedenfalls drängt sich aber unvermeidlich die Schlußfolgerung auf, daß in einem Haufen leuchtender Atome, z. B. in einem Kanalstrahlbündel, zu irgendeinem beliebig herausgegriffenen Zeitpunkt die Anzahl derjenigen Atome, die gerade im Abklingen begriffen sind, in einem endlichen, nicht zu vernachlässigenden Größenverhältnis steht zu der Anzahl der angeregten, in einem höheren Quantenzustand verweilenden Atome. Daher sind die stationären, quantenmäßig ausge-

zeichneten Zustände durchaus nicht die einzig möglichen, sondern die dazwischen liegenden Zustände finden sich jederzeit ebenfalls in merklicher Anzahl verwirklicht. Von diesem Gedanken ausgehend habe ich schon seit längerer Zeit die Folgerungen einer modifizierten Fassung der Quantentheorie untersucht, nach welcher, im geraden Gegensatz zu meiner ursprünglichen Annahme, die durch ganze Quantenzahlen ausgezeichneten Zustände gar nicht wirklich in endlicher Menge vorkommen, sondern nur ideale Grenzen bilden zwischen den verschiedenen Gebieten des allenthalben von den Atomen erfüllten Phasenraumes. Diese zweite Fassung der Quantentheorie kann aber heute, wenigstens in ihrer extremen Form, als endgültig widerlegt gelten, namentlich seitdem durch die Messungen von W. Gerlach und O. Stern, wenigstens für einen speziellen Fall der räumlichen Richtungsquantelung, direkt gezeigt worden ist, daß Zustände, die nicht quantenmäßig ausgezeichnet sind, auch tatsächlich nicht vorkommen. Immerhin wird es bei einer vollständigen Behandlung des statistischen Gleichgewichts einer großen Menge von Atomen sich als notwendig erweisen, nicht nur den quantenmäßig ausgezeichneten, sondern auch den dazwischen liegenden Zuständen durch Berücksichtigung der Häufigkeit ihres Vorkommens entsprechend Rechnung zu tragen. —

Im Vorstehenden habe ich einige der prinzipiellen Schwierigkeiten darzulegen versucht, denen sich die Bohrsche Atomtheorie zurzeit noch gegenübergestellt sieht. An ihrer Überwindung arbeitet gegenwärtig eine stetig wachsende Zahl von frischen wagemutigen Kräften, unter ihnen in erster Reihe Bohr selber. Dabei wissen es ihm die deutschen Physiker besonderen Dank, daß er einen großen Teil seiner Arbeiten in deutschen Zeitschriften veröffentlicht hat. Das ist für ein verständnisvolles Studium derselben von um so größerer Bedeutung, als unser Autor, offenbar in dem Bestreben, das Viele, was er zu sagen hat, in einen möglichst knappen Rahmen und dennoch in eine möglichst einwandfreie Form zu zwingen, einen keineswegs leichten Stil schreibt. Möge ihm seine jetzige Schaffensfreudigkeit noch auf viele Jahre hinaus erhalten bleiben.

Quantentheorie und Störungsrechnung.

Von Max Born, Göttingen.

Eine der merkwürdigsten und anziehendsten Ergebnisse der Bohrschen Atomtheorie ist die Vorstellung, daß die Atome Planetensysteme im Kleinen sind. Der Gedanke, daß sich die Gesetze des Makrokosmos in der kleinen, irdischen Welt widerspiegeln, übt offenbar einen großen Zauber auf das menschliche Gemüt aus; bildet er doch

eine Wurzel jenes Aberglaubens (der so alt ist wie die Geschichte des Geistes), daß die Schicksale der Menschen aus den Sternen gelesen werden können. Die astrologische Mystik ist aus der Wissenschaft verschwunden; geblieben aber ist das Streben nach der Erkenntnis der Einheit des Weltgesetzes. Und diesem Streben ward un-

erwartet Befriedigung, als das Studium der atomaren Welt Formen wiederfand, die einst die Astronomie am Himmel entdeckt hatte.

Gleich der erste große Erfolg *Bohrs* beruhte auf einer Anwendung der Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung auf das Wasserstoffatom, das aus einem Kern mit einem um ihn kreisenden Elektron besteht. Das Neue, was hinzukam, war die Anwendung der Quantentheorie, die aus der kontinuierlichen Mannigfaltigkeit der astronomischen Bahnen gewisse „stationäre“ heraushebt.

Damit schien der Weg gewiesen, auf dem eine Theorie der Atome von höherer Ordnungszahl gewonnen werden kann. Bei diesen kreisen mehrere Elektronen um einen mehrfach geladenen Kern; es handelt sich also um das Mehrkörperproblem der Astronomie, mit dem einzigen Unterschiede, daß die einzelnen Elektronen sich nicht anziehen, wie die Planeten, sondern abstoßen. Man konnte also daran denken, daß dieselben mathematischen Methoden, die in der Astronomie angewandt werden, auch hier zum Ziele führen müßten. Diese Methoden werden seit alters her unter dem Namen „Störungstheorie“ zusammengefaßt, indem man die Wechselwirkungen der Planeten als kleine Störungen der vom Zentralkörper erzeugten Bewegung ansieht. Wenn es gelänge, durch Anwendung der Störungsrechnung den Aufbau der Atome zu verstehen, so wäre die Ähnlichkeit der kosmischen und der atomaren Vorgänge in erstaunlichem Grade erwiesen und würde Zeugnis ablegen von der Einheit des Weltgeschehens und der Weltgesetze.

Im folgenden soll dargelegt werden, zu welchen Ergebnissen die Versuche zur Durchführung dieses Programms geführt haben.

Da die Anzahl der Elektronen von Element zu Element um eine Einheit steigt, so handelt es sich sehr bald um zahlreiche Planeten; bedenkt man nun, welche Schwierigkeiten bereits das Dreikörperproblem der Astronomie bietet, so ist es klar, daß man der Frage des Atombaus beim heutigen Stande der Mathematik hoffnungslos gegenüberstehen würde, wenn nicht irgendwelche Gesichtspunkte zur Vereinfachung vorlägen. Denn auch die quantitativen Verhältnisse sind bei den atomistischen Systemen nicht einfacher, sondern wesentlich ungünstiger als im Sonnensystem. In diesem überwiegt die Anziehung des Zentralkörpers, die Wechselwirkungen der Planeten in hohem Grade, weil die Masse der Sonne sehr viel größer ist als die der Planeten. Bei den Atomen aber ist die gegenseitige Abstoßung der Elektronen von derselben Größenordnung wie die Anziehung des Kernes, besonders bei den Atomen niedriger Ordnungszahl Z ; denn hier werden die Kräfte durch die Ladung bestimmt, die für alle Elektronen gleich $-e$, für den Kern Ze beträgt.

Ein Prinzip der Vereinfachung liegt nun in der Forderung, daß die Atome wohl definierte, symmetrische und äußerst stabile Gebilde sein

müssen, weil sie gegenüber äußeren Einwirkungen widerstandsfähig sind und sich immer gleich bleiben. Ein Gasatom übersteht ja unzählige Zusammenstöße, ohne sich zu ändern. Man wird ein solches Verhalten nur von besonders einfachen, symmetrischen Konfigurationen erwarten dürfen, bei denen die Wechselwirkungen der Elektronen möglichst regelmäßig und geordnet sind. Daher hat man zuerst solche Anordnungen gesucht. *Bohr* entwarf in seinen ersten Arbeiten ein Schema der Atome, bei denen die Elektronen in „Ringen“ angeordnet sind (Fig. 1); jeder solche „Ring“ ist ein Polygon, in dessen Eckpunkten Elektronen sitzen und das sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit in seiner Ebene dreht. Es ist klar, daß ein solcher Ring für sich völlig störungsfrei rotieren kann; es bleiben also nur die wechselseitigen Störungen der einzelnen Ringe übrig. Die Theorie dieser Störungen hat eine Zeitlang bei der Deutung der Röntgenspektren eine große Rolle gespielt.

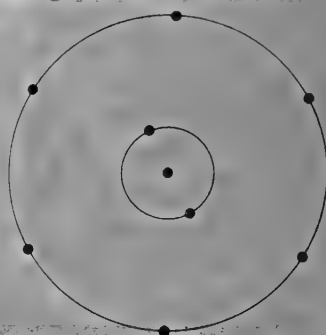


Fig. 1. Ebenes Ringatom mit zwei Ringen, der innere mit 2, der äußere mit 6 Elektronen.

Die wichtigste Eigenschaft der Röntgenemissionslinien ist nämlich die, welche durch das Moseleysche Gesetz formuliert wird; danach ist die Quadratwurzel aus der Frequenz ν einer bestimmten Linie (etwa K_α) eine nahezu lineare Funktion der Ordnungszahl Z der Atome. Es sind aber Abweichungen von diesem Gesetz vorhanden, die selbst wieder gesetzmäßig von der Ordnungszahl abhängen. Während nun ohne weiteres aus der Vereinigung von Keplerschen Gesetzen und Quantenregeln die ungefähr lineare Beziehung zwischen $\sqrt{\nu}$ und Z zu verstehen ist, muß der feinere Gang dieser Funktion von den Wechselwirkungen der Elektronen abhängen. *Debye*, *Sommerfeld*, *Kroo*¹⁾ u. a. haben diese Störungen für die oben geschilderten Ringatome berechnet und konnten den Gang der Funktion ν von Z darstellen; doch ergaben sich dabei Besetzungszahlen für die innersten Ringe, die den Forderungen der Systematik der chemischen Erfahrungen widersprachen (z. B. eine Besetzung des innersten Ringes, des K -Ringes, im Normalzustand mit 3 Elektronen, statt 2). Eine andere Schwierigkeit schienen die Ringatome der

¹⁾ P. Debye, Phys. Zeitschr. 18, 276, 1917; A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. 51, 1, 125, 1916; J. Kroo, Phys. Zeitschr. 19, 307, 1918.

Erklärung der sogenannten relativistischen Dubletts zu bieten, die *Sommerfeld* entdeckt hat. Dieser hatte nämlich zeigen können, daß bei Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Elektronenmasse, wie sie durch das Einsteinsche Relativitätsprinzip gefordert wird, die Feinstruktur der Wasserstofflinien (und der Linien des positiven Heliumions) erklärt werden kann; wir können auf diese Überlegungen nicht genauer eingehen und bemerken nur soviel, daß die verschiedenen stationären Zustände, die den Linien der Feinstruktur entsprechen, Ellipsen mit derselben großen Achse, aber verschiedener Exzentrizität sind. *Sommerfeld* fand nun, daß sich gewisse, zusammengehörige Liniengruppen der Röntgenspektren als Feinstruktur auffassen und durch dieselben relativistischen Formeln darstellen lassen, wie die Linien des Wasserstoff-

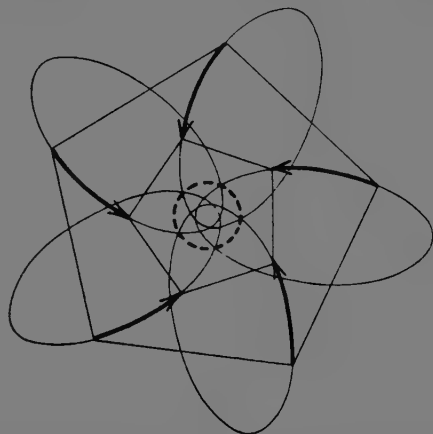


Fig. 2. Ellipsenverein der *L*-Schale, die mit 5 zweiquantigen Elektronen besetzt gedacht ist. Die gleichzeitigen Stellungen der Elektronen sind für zwei Zeitmomente als Ecken regulärer Fünfecke eingetragen und die in der Zwischenzeit durchlaufenen Ellipsenbögen durch dicke Pfeile hervorgehoben. Die einquantige *K*-Schale ist als punktierter Kreis im richtigen Größenverhältnis eingezeichnet; man sieht, daß die Ellipsen in diesen Kreis eindringen.

spektrums; insbesondere konnte er so die Abhängigkeit der sogenannten *L*-Dubletts von der Ordnungszahl *Z* durch das ganze periodische System gut darstellen. Die beiden Terme dieses Dubletts müssen also einer Kreis- und einer Ellipsenbahn entsprechen; aber für elliptische Bahnen scheint zunächst im Innern der Ringatome kein Platz zu sein. *Sommerfeld* glaubte diese Schwierigkeit überwinden zu können, indem er zeigte, daß es einen störungsfreien Bewegungstypus gibt, bei dem eine Anzahl Elektronen stets in den Ecken eines Polygons bleiben und dabei kongruente Keplerellipsen durchlaufen; er nannte diese Bewegung „Ellipsenverein“ (Fig. 2). Aber bald zeigte es sich, daß dieser Ausweg nicht gangbar ist; denn die Ellipsen des zweiten Elektronenringes, des *L*-Ringes, kommen, wie eine einfache Rechnung zeigt, dem Kern näher als der (kreisförmige) *K*-Ring, müßten also von diesem so starke Störungen erfahren, daß die empirisch

exakt bestätigte Gültigkeit der Formel für das relativistische *L*-Dublett unverständlich wird. Diese Schwierigkeit ist auch heute noch keineswegs aufgeklärt; jedenfalls hat sie zusammen mit anderen Gründen dazu geführt, daß man die Ringatome verlassen hat. Während nun die Frage des Aufbaus der höheren Atome ins Stocken kam, wurde die Anwendung der astronomischen Störungsmethoden auf die Atomprobleme (nämlich eine andere Frage wesentlich gefördert, nämlich durch die Frage nach dem Einfluß äußerer Felder auf die Bewegungen der Elektronen im Atom. Hierher gehören in erster Linie die Wirkungen eines elektrischen oder magnetischen Feldes (Starkeffekt und Zeemaneffekt); sodann kann man aber auch den Einfluß der den Kern umgebenden Elektronen auf ein weit draußen kreisendes Elektron näherungsweise als ein Kraftfeld von zentraler Symmetrie auffassen, das zu dem Coulombschen Felde des Kerns hinzutritt. Endlich läßt sich der Einfluß der relativistischen Massenveränderlichkeit näherungsweise so darstellen, daß er als zentralsymmetrisches Zusatzfeld erscheint, das der dritten Potenz des Abstands vom Kerne umgekehrt proportional ist.

Die erste theoretische Behandlung dieser Vorgänge durch *Schwarzschild*, *Epstein*, *Sommerfeld*, *Debye*²⁾ u. a. benutzte nicht den Grundgedanken der Störungstheorie, wonach die betrachtete Wirkung als kleine Störung der ursprünglichen Bewegung aufgefaßt wird, sondern stützte sich auf eine andere Besonderheit der hier in Betracht kommenden mechanischen Systeme, nämlich die Separierbarkeit der Variablen. Diese hängt mit den Periodizitätseigenschaften der Systeme eng zusammen. Man beschreibt die Lage des Systems durch eine Anzahl Koordinaten q_1, q_2, \dots, q_f und zugehörige (konjugierte) Impulse p_1, p_2, \dots, p_f . Nun kann es vorkommen, daß es außer dem Energieintegral

$$H(q_1, \dots, q_f, p_1, \dots, p_f) = W$$

noch eine Anzahl anderer eindeutiger Integrale gibt von solcher Beschaffenheit, daß bei geeigneter Wahl der Koordinaten jeder Impuls p_k sich als Funktion der zugehörigen Koordinate q_k allein darstellen läßt; in diesem Falle nennt man das System separierbar. Jede Koordinate oszilliert dann entweder zwischen festen Grenzen hin und her oder sie hat den Charakter eines Drehwinkels, nach dessen vollem Umlauf das System wieder in der Ausgangslage eintrifft. In diesen Fällen läßt sich ohne weiteres durch Analogie mit den einfachsten Beispielen der Quantentheorie, dem linearen Oszillator und dem Rotator, angeben, wie die Quantenbedingungen anzusetzen sind; man wird die Integrale

$$J_k = \oint p_k dq_k \dots \dots \dots (1)$$

²⁾ *K. Schwarzschild*, Berliner Sitzungsber. 11. Mai 1916; *P. S. Epstein*, Ann. d. Phys. 50, 489, 1916; *A. Sommerfeld*, Phys. Zeitschr. 17, 491, 1916; *P. Debye*, ebenda 507; Göttinger Nachr. Juni 1916.

gleich einem Vielfachen der Planckschen Konstanten h zu setzen haben, wobei die Integration im Falle der Oszillation über eine Periode, im Falle der Rotation über eine volle Umdrehung zu erstrecken ist.

Wenn nun auch die meisten der oben genannten Quantenprobleme durch Separation der Variablen lösbar sind, hat doch *Bohr* darauf hingewiesen, daß man durch Anwendung der Störungstheorie in allen (auch nicht separierbaren) Fällen in viel einfacherer, durchsichtigerer Weise und mit wesentlich weniger Rechnung zum Ziele kommt. Es handelt sich dabei um die Lehre von den *säkularen Störungen*, die auch in der Himmelsmechanik eine bedeutende Rolle spielen; wie der Name besagt, sind das langsame Änderungen, die gewisse Parameter des Systems erfahren. Die Astronomen glaubten lange, daß diese säkularen Prozesse einen Planeten allmählich ganz aus seiner Anfangsbahn entfernen müßten; denn bei der analytischen Darstellung der Störungen erhielten sie neben periodischen Gliedern solche, die der Zeit oder einer Potenz der Zeit proportional sind, also dauernd anwachsen. *Lindstedt* und *Poincaré*³⁾ aber konnten zeigen, daß diese nichtperiodischen Glieder nur durch die Unvollkommenheit des Näherungsverfahrens entstehen, in Wirklichkeit selbst wieder die ersten Glieder der Potenzentwicklung periodischer Funktionen sind; man kann die Bewegung tatsächlich durch (semikonvergente) Reihen rein periodischer Funktionen darstellen, wobei nur gewisse Perioden äußerst lang, „säkular“, sind.

Wir wollen das Wesen dieser säkularen Störungen an einem einfachen Beispiel klarlegen, dem Einfluß eines schwachen, aber sonst beliebigen *Zentralfeldes* auf die Bewegung eines Elektrons um den Z -fach geladenen Kern.

Die ungestörte Bewegung ist hier eine Keplerellipse. Durch die Quantentheorie wird ihre große Halbachse a festgelegt; man erhält nämlich für das zu der Umlaufbewegung gehörige Integral der Form (1) den Wert:

$$J_1 = 2\pi e \sqrt{m a Z}$$

und indem man hier $J_1 = n h$ setzt, folgt:

$$a = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 e^2 m Z}$$

Dagegen ist es nach *Bohrs* Auffassung nicht erlaubt, die Exzentrizität der ungestörten Keplerellipse durch eine Quantenbedingung festzulegen, weil zu dieser keine besondere Periode der Bewegung gehört. Sobald nun aber das schwache Zentralfeld einsetzt, wird das anders. Die Wirkung desselben besteht nämlich in erster Annäherung darin, daß die Richtung der großen Achse nicht mehr feststeht, sondern eine langsame, „säkulare“ Drehung (Periheldrehung) in der Bahnebene ausführt (Fig. 3). Es entsteht somit eine neue, unabhängige Periode, der auch eine

neue Quantenbedingung zugeordnet werden muß. Ist J_2 das nach der Regel (1) gebildete Integral der Periheldrehung, so steht dieses mit dem Impulsmoment p und der Exzentrizität ϵ in folgenden einfachen Beziehungen:

$$J_2 = 2\pi p = J_1 \sqrt{1 - \epsilon^2}$$

Indem man $J_2 = k h$ setzt, bekommt man folgende ausgezeichneten Werte für die Exzentrizität:

$$\epsilon = \sqrt{1 - \frac{k^2}{n^2}}$$

Bohr nennt n die Hauptquantenzahl, k die azimutale Quantenzahl.

Die Berechnung der Energie dieser säkularen Störungen gestaltet sich ganz besonders einfach; die Theorie lehrt nämlich, daß sie in erster Näherung gleich ist dem zeitlichen Mittelwerte der potentiellen Energie der störenden Kräfte, genommen über die ungestörte Bewegung.

Hat z. B. das Zentralfeld die potentielle Energie $\frac{\alpha}{r^2}$ (ein Fall, der sich übrigens auch mühe-

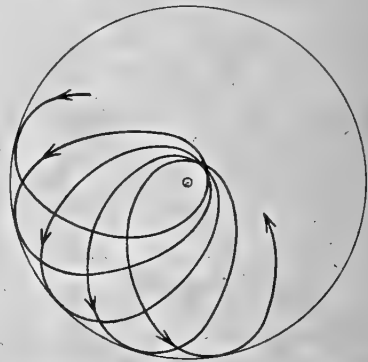


Fig. 3. Ellipsenbewegung mit Periheldrehung.

los durch Separation der Variablen in Polarkoordinaten erledigen läßt), so kann man jenen Mittelwert leicht mit Hilfe des Impulssatzes

$$m r^2 \frac{d\varphi}{dt} = p \quad (2)$$

berechnen. Denn hieraus folgt für den Mittelwert von $\frac{\alpha}{r^2}$:

$$\frac{\bar{\alpha}}{r^2} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{\alpha}{r^2} dt = \frac{1}{T} \int_0^{2\pi} \frac{\alpha m}{p} d\varphi = \frac{2\pi \alpha m}{T p}$$

Da andererseits die Fläche der Ellipse gleich

$$\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} r^2 d\varphi = \pi a b = \pi a^2 \sqrt{1 - \epsilon^2}$$

ist, so findet man durch Integration der Impulsgleichung (2) über einen vollen Umlauf:

$$2\pi m a^2 \sqrt{1 - \epsilon^2} = p T$$

Demnach wird die Energie der säkularen Störung:

$$\frac{\bar{\alpha}}{r^2} = \frac{\alpha}{a^2 \sqrt{1 - \epsilon^2}} = \alpha \frac{16\pi^4 e^4 m^2 Z^2}{J_1^3 J_2}$$

³⁾ H. Poincaré, Mécanique Céleste Bd. II, Kap. IX ff.

Auf diese Formel läßt sich auch der Einfluß der Massenveränderlichkeit nach der Relativitätstheorie zurückführen.

Durch ähnliche elementare Rechnungen kann man auch in verwickelteren Fällen zum Ziel kommen. Wenn es sich z. B. um den Einfluß äußerer Kraftfelder handelt, wie beim Stark- und beim Zeemaneffekt, wird sich nicht nur das Perihel der Ellipse in der Bahnebene drehen, sondern diese Ebene selbst wird eine säkulare Rotation um die Richtung der äußeren Kraft ausführen („säkulare Knotenbewegung“).

Zu dieser neuen Periode gehört natürlich ein neues Quantenintegral J_3 . Wiederum gelingt es durch Mittelbildung über die ungestörte Bewegung in der einfachsten Weise, die Energie des gestörten Systems in ihrer Abhängigkeit von den Quantenintegralen zu finden.

Sind die säkularen Störungen ermittelt, so kennt man den Typus der Bewegung in seinen Hauptzügen; alles, was eine genauere Rechnung hinzufügen kann, sind kleine periodische Störungen mit Frequenzen, die sich aus Vielfachen der säkularen Grundfrequenzen zusammensetzen.

Es gibt ein einfaches, systematisches Verfahren zur Berechnung dieser periodischen Störungsglieder⁴⁾. Dieses hat bei gewissen Fragen der Bandentheorie⁵⁾ und der Theorie der spezifischen Wärme⁶⁾ eine Rolle gespielt; dort handelt es sich um Schwingungen mehrerer Atome bzw. Atomkerne gegeneinander, die zwar in erster Näherung harmonisch sind, bei größeren Amplituden aber merklich von dieser einfachen Bewegungsform abweichen. Man kann den Einfluß der Kräfte, die dieses Verhalten bewirken, mit Hilfe der Störungstheorie sehr wirkungsvoll untersuchen; doch wollen wir hier auf diese abseits liegenden Fragen nicht eingehen.

Vielmehr kehren wir zu unserm Ausgangspunkt zurück und fragen, was die systematische Anwendung der Störungsrechnung auf die Quantentheorie der Atome über deren Aufbau gelehrt hat.

Nachdem die Ringatome sich als unbrauchbar erwiesen hatten, versuchte man, Elektronenbewegungen von polyedrischer Symmetrie zu finden, vor allem um den Aufbau symmetrischer Kristalle aus Atomen zu verstehen⁷⁾. Das Hauptziel solcher Untersuchungen mußte sein, die Eigenschaften des periodischen Systems der Elemente aus den Atomstrukturen abzuleiten. Alle Ansätze waren jedoch vergeblich, bis Bohr mit seinem Aufbauprinzip hervortrat; dieses besteht in einem Verfahren, das sukzessive Einfangen der

Elektronen durch die Atome bei wachsender Kernladung durch das ganze periodische System zu verfolgen und auf die dabei umgesetzten Energien teils aus theoretischen Betrachtungen, teils durch Musterung der empirischen Spektraltermeschlüsse zu ziehen. Diese Betrachtungsweise war über alles Erwarten von Erfolg gekrönt; ihre größte Leistung war die Vorhersage der Eigenschaften des fehlenden Elements von der Ordnungszahl 72, die zu seiner Entdeckung durch Coster und v. Hevesy⁸⁾ führte.

Man wird nun die Frage stellen müssen, wie weit die Elektronensysteme Bohrs den Gesetzen der Mechanik gehorchen, oder mit anderen Worten, wie weit die Methoden der Störungstheorie gestatten, die Eigenschaften der Atome zu berechnen. Sicherlich folgen gewisse grobe Wechselwirkungen der Elektronen den mechanischen Gesetzen. Es handelt sich um ellipsenartige Bahnen mit (allerdings häufig sehr starken) Periheldrehungen. Daß das so ist, geht schon daraus hervor, daß Bohr die einzelnen Bahnen durch zwei Quantenzahlen, eine Hauptquantenzahl n und eine azimutale Quantenzahl k , kennzeichnen kann, genau wie bei einer Keplerellipse mit Periheldrehung. Auch kann er die Störungen der verschiedenen Elektronengruppen abschätzen, besonders in den Fällen, wo ein höherquantiges Elektron in das Gewirr der Bahnen der niederquantigen Elektronen eindringt.

Kann man nun daraus die Hoffnung schöpfen, daß eine konsequente Anwendung der mechanischen Gesetze mit Hilfe der Störungsrechnung zu einer vollständigen Ableitung der Atome, ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften, besonders ihrer Spektren, führen wird?

Man darf diese Frage heute wohl verneinen. Es gibt zunächst eine ganze Reihe allgemeiner Ergebnisse, die gegen jene Hoffnung sprechen. Da ist zunächst der ganze Komplex der Fragen, die mit dem anomalen Zeemaneffekt zusammenhängen. Man erfährt daraus die Ungültigkeit der klassischen Gesetze des Magnetismus im Atominnern. Die Beziehung der Zeemantypen zu den natürlichen Multiplizitäten der Spektraltermes hat dazu herausgefordert, diese modellmäßig zu deuten; aber wenn auch bei Dublets und Triplets aussichtsreiche Ansätze vorhanden sind, so beruhen diese gerade auf bewußten Abweichungen von den Gesetzen der Mechanik. Schließlich führt die Vereinigung von Störungstheorie und Quantenbedingungen selbst zu Sätzen, die schwer mit der Stabilität der Atome vereinbar sind. Wenn z. B. mehrere Elektronen in geometrisch gleichen Bahnen umlaufen, so müssen notwendig gewisse Phasenbeziehungen zwischen ihnen bestehen (z. B. bei zwei Elektronen geht das eine durch das Aphel, während das andere durchs Perihel geht); aber dann ist die Störungsenergie

⁴⁾ M. Born und W. Pauli jr., Zeitschr. f. Phys. 10, 137, 1922.

⁵⁾ M. Born und E. Hückel, Phys. Zeitschr. 24, 1, 1923.

⁶⁾ M. Born und E. Brody, Zeitschr. f. Phys. 6, 130, 140, 1921.

⁷⁾ A. Landé, Verh. d. D. phys. Ges. 21, 2, 644, 653, 1919; Berliner Sitzungsber. 1919; Zeitschr. f. Phys. 2, 83, 380, 1920.

⁸⁾ D. Coster und G. v. Hevesy, Nature 111, 79, 252, 962; 1923; s. auch H. M. Hansen und S. Werner, ebenda 322, 462.

nicht ein Minimum gegenüber allen Änderungen der Phase, sondern ein Maximum, so daß man nicht verstehen kann, warum das System bei einer kleinen, äußeren Störung von selbst dem stationären Zustande wieder zustrebt.

Ein endgültiges Urteil über die Gültigkeit der mechanischen Gesetze für die stationären Zustände der Atome aber ließ sich nur gewinnen, wenn man ein einfaches Beispiel wirklich in allen Einzelheiten durchrechnete. Hierzu ist das *Heliumatom* geeignet, bestehend aus einem Kern mit zwei Elektronen; es handelt sich also um das eigentliche Dreikörperproblem.

Die Aufgabe spaltet sich wieder in zwei: Einmal um den natürlichen Zustand des Atoms, von dem man annehmen darf, daß beide Elektronen in gleichen Bahnen laufen; sodann um die angeregten Zustände, bei denen das eine Elektron nahe beim Kern, das andere in großer Entfernung umläuft.

Für den natürlichen Zustand sind wohl alle denkbaren Modelle ohne Erfolg durchgerechnet worden. Am aussichtsreichsten erschien das von *Bohr* angegebene, bei dem die beiden Elektronen-

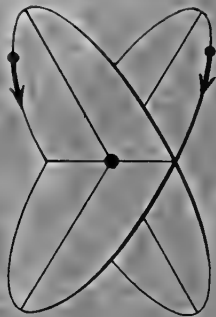


Fig. 4. Modell des Heliumatoms nach Bohr. Die gleichzeitigen Lagen der beiden Elektronen sind für einen Zeitpunkt durch dicke Punkte, ihre Bewegungsrichtungen durch Pfeile angedeutet.

bahnen in erster Näherung gleiche Kreise in zwei Ebenen sind, die unter 60° gegeneinander geneigt sind (Fig. 4). Als Kriterium der Richtigkeit des Modells kann die Arbeit dienen, die nötig ist, um ein Elektron ins Unendliche zu entfernen; aus dieser berechnet sich leicht die *Ionisierungsspannung*, die heute durch das Elektronenstoßverfahren und noch genauer durch optische Messungen bekannt ist. Das Ergebnis der Störungsrechnung war negativ; so liefert das Bohrsche Modell nach Rechnungen von *Kramers*⁹⁾ eine Ionisierungsspannung von 20,6 Volt, während der gemessene Wert 24,6 Volt beträgt.

Ganz ähnlich steht es mit den angeregten Zuständen¹⁰⁾. Die Möglichkeit, störungstheoretische Methoden anzuwenden, beruht hier darauf,

daß die Wirkung zwischen den Elektronen sehr klein ist, wenn das eine Elektron weit entfernt ist. Es handelt sich also um kleine, aber sicher bekannte Abweichungen von den Energiestufen des Wasserstoffs; sie müssen aus der Theorie durch kleine Störungen der Keplerellipsen bestimmt werden, die die Elektronen ohne Wechselwirkungen durchlaufen würden. Der Hauptanteil dieser Störungen sind wieder säkulare Perihel- und Knotenbewegungen; man kann systematisch alle möglichen solchen Bewegungstypen aufsuchen und auf jede vorkommende Periode die Quantenregeln anwenden. Das Ergebnis widerspricht durchaus der Erfahrung; und zwar ist die Abweichung gegen alle Erwartung relativ um so größer, je weiter das äußere Elektron entfernt ist. Man kann daher mit Sicherheit sagen, daß sich das Dreikörpersystem des Heliumatoms in den stationären Zuständen wirklich anders verhält, als es nach den Gesetzen der Mechanik zu erwarten wäre.

Fragt man nun, woran es liegen mag, daß dieselben Gesetze, die beim Zweikörperproblem, dem Wasserstoffatom, sich so glänzend bewähren, beim Mehrkörperproblem ebenso deutlich versagen, so kann man die Gründe vorläufig nur in recht unbestimmter Fassung formulieren. Die Theorie ist offenbar immer erfolgreich, wenn das bewegte Elektron sich in einem statischen Felde (sei es dem des Kernes, sei es einem äußeren) bewegt; sie versagt, wenn die Bewegung des einen Elektrons in dem *nicht* statischen Felde des andern vor sich geht. Diese Felder der Wechselwirkung sind ja äußerst kurzperiodisch, etwa von derselben Frequenz wie die des Lichtes; wir wissen aber aus den Grundvorstellungen der Quantentheorie über Emission und Absorption, daß bei solchen hochfrequenten Schwingungen die Gesetze der Mechanik nicht gelten. Man kann die Abgrenzung der Gültigkeit dieser Gesetze auch von einer Betrachtung der klassisch berechneten Ausstrahlung erwarten; nur wenn diese relativ klein ist gegen die vorhandenen Energien, verspricht die Anwendung der Mechanik Erfolg.

Jedenfalls sehen wir, daß die Ähnlichkeit der Atome mit Planetensystemen ihre Grenzen hat. Die Übereinstimmung ist nur in den einfachsten Fällen genau vorhanden. Der Fortschritt der Quantentheorie aber wird sich hierdurch nicht aufhalten lassen, sondern gerade aus den vorhandenen Widersprüchen neue Kräfte gewinnen. Es wird immer wahrscheinlicher, daß nicht nur neue Annahmen im gewöhnlichen Sinne physikalischer Hypothesen erforderlich sein werden, sondern daß das ganze System der Begriffe der Physik von Grund aus umgebaut werden muß. Wir vertrauen, daß uns *Niels Bohr* auf diesem schwierigen Wege auch weiterhin der sichere Führer sein wird.

⁹⁾ H. A. Kramers, Zeitschr. f. Phys. 13, 312, 1923. Auch J. van Vleck, Phys. Rev. 19, 419, 1922.

¹⁰⁾ M. Born und W. Heisenberg. (Die Arbeit erscheint demnächst in der Zeitschr. f. Phys.)

Adiabatische Transformationen in der Quantentheorie und ihre Behandlung durch Niels Bohr.

Von P. Ehrenfest, Leiden.

§ 1. *Bohrs Arbeiten*¹⁾ bringen eine unübersehbare Fülle fruchtbarer Anwendungen seiner Theorie. In den Genuß dieses Reichtums versunken, müssen wir immer wieder durch Bohr selber daran erinnert werden, was denn das *eigentliche* Problem ist, mit dem er ringt: die Entschleierung der *Prinzipien* der Theorie, die einmal die „klassische“ Theorie ablösen soll. — In dem gegenwärtigen Stadium muß man sich bei der Formulierung dieser Prinzipien unausgesetzt solcher Begriffe bedienen, die in der klassischen Mechanik und Elektrodynamik entwickelt werden. Leicht entsteht dadurch der Eindruck, als ob z. B. das Korrespondenzprinzip oder das Adiabatenprinzip eine „Versöhnung“ der Quantentheorie mit der klassischen Theorie oder geradezu eine Rückkehr zu ihr vorbereiten. Bohr aber weiß uns überzeugend zu demonstrieren: diese Prinzipien sind trotz ihrer vorläufig quasi-klassischen Formulierung „als rein quantentheoretische Sätze“ anzusehen²⁾; sie weisen voraus und durchaus nicht zurück! — Aufgefordert hier eines dieser Prinzipien, das „Adiabatenprinzip“ zu besprechen, das in *Bohrs* Händen zu einem so wunderbar scharfen und geschmeidigen Instrument geworden ist, fühlte ich mich in Verlegenheit, wie das zu tun; denn es ist — wie ich glaube — vorläufig keine tiefere und zugleich prägnantere Besprechung des Adiabatenprinzips möglich, als diejenige, die Bohr selber gibt, wobei er auch so feintastend die organischen Beziehungen³⁾ zwischen Adiabatenprinzip und Korrespondenzprinzip verfolgt. Ich sah nur eine Möglichkeit, der an mich ergangenen Aufforderung Folge zu leisten: Ich konnte versuchen, in einer mehr genetischen Darstellung zu zeigen, wie man allmählich zur „*Adiabathenhypothese*“, zur Hervorhebung des Begriffs der „*adiabatischen Invarianten*“ und zum Theorem der „*adiabatischen Invarianz der apriorischen Gewichte*“ in der Quantenstatistik hingeführt wurde, und hatte dann

schließlich auf die Stellen in *Bohrs* Schriften hinzuweisen, in denen besonders deutlich hervortritt, welche Klärung und Vertiefung und welche ganz neuen Perspektiven wir auch hier wieder *Bohrs* Eingreifen verdanken.

§ 2. Vorweg sei betont: *Boltzmanns* Strahlungsgesetz und *W. Wiens* Verschiebungsgesetz — genauer das Geheimnis, das sich hinter den eleganten elektrodynamisch-thermodynamischen Ableitungen dieser Gesetze verbirgt⁴⁾ —, das war es, was auf den Weg lockte, der zum Adiabatenprinzip führt⁵⁾. — *W. Wiens* Verschiebungsgesetz war auf rein *klassischer* Grundlage abgeleitet worden. Wie konnte es dennoch unerschüttelt bestehen bleiben mitten in der Welt der Strahlungserscheinungen, deren *antiklassischer* Quantencharakter stets unerbittlicher hervortrat? — Die Verwunderung darüber ließ sich nicht erstickten; etwa durch den Hinweis auf die asymptotische „Gültigkeit“ der klassischen Mechanik im Gebiete hoher Quantenzahlen. Denn das Verschiebungsgesetz beansprucht ja strenge Gültigkeit auch im Gebiete kleiner Quantenzahlen; nämlich auch für kleines T und großes v . Man war damit — vom heutigen Gesichtspunkt aus betrachtet — einem *besonderen* Typus von „pseudo-klassischem“ Verhalten eines Quantensystems auf die Spur gekommen, und aus der Analyse der Ableitung des Verschiebungsgesetzes mußte man etwas darüber lernen können, inwieweit man mitten in der Quantenwelt mit Hilfe der *klassischen Mechanik* (Elektrodynamik) und *klassischen Thermodynamik* — also doch wohl der

⁴⁾ In einer besonders faszinierenden Weise behandelte *H. A. Lorentz* im Jahre 1900 dieses Geheimnis eben als Geheimnis in „De theorie der straling en de tweede wet der thermodynamica“, Versl. Akad. Amsterd. 9, 417, 1900 — Proc. Amst. 2, 436, 1900. — Die dort entwickelte *Modellbetrachtung* ließ sich speziell auch zur Analyse der Struktur von *Plancks* Strahlungstheorie verwenden; siehe *P. Ehrenfest*, Über die physikal. Voraussetzungen der Planckschen Theorie irreversibler Strahlungsvorgänge, Sitzber. Wien. Akad. 114, 1301, 1905.

⁵⁾ Es sei gestattet, einige meiner Publikationen, die ich mehrfach zitieren muß, durch folgende Abkürzungen zu bezeichnen: *A.* Zur Planckschen Strahlungstheorie, Phys. Z. (1906), S. 528 [„A“]. — *B.* Welche Züge der Lichtquantenhypothese spielen in der Theorie der Wärmestrahlung eine wesentliche Rolle? Ann. d. Phys. 36, 91, 1911 [„B“]. — *C.* Bemerkung betreffs der spezif. Wärme zweiatomiger Gase, Verh. Deutsch. phys. Ges. 15, 451, 1913 [„C“]. — *D.* Een mechan. theorema van Boltzmann en zijne betrekking tot de theorie der quanta, Versl. Akad. Amsterd. 22, 586, 1913 = Proc. Amst. 16, 591, 1913 [„D“]. — *E.* Zum Boltzmannschen Entropie-Wahrscheinlichkeits-Theorem, Phys. Zschr. 15, 657, 1914 [„E“]. — *F.* Over adiabatische veranderingen van een stelsel in verband met de theorie der quanta, 25, 412, 1916 = Proc. Amst. 19, 576, 1916 = Ann. d. Phys. 51, 327, 1916 [„F“].

¹⁾ Diejenigen Arbeiten von *N. Bohr*, die wir im folgenden besonders häufig zitieren müssen, seien folgendermaßen abkürzend bezeichnet: 1. On the quantum theory of line-spectra, Kopenhagen-Akad. 1918 u. 1922 = Über die Quantentheorie der Linienspektren, Vieweg 1923 [„Q. d. L.“]. — 2. Die Grundpostulate d. Quantenth., Zschr. f. Phys. 13 (1923), S. 117 [„Grundpost.“]. — 3. Die Anwendungen der Quantenth. auf period. Systeme (eine Arbeit, die im Aprilheft 1916 des Phil. Mag. erscheinen sollte, aber — übersetzt nach dem druckfertigen Korrekturbogen — nur erst 1921 publiziert wurde: Abh. X in „Abhandl. über Atom-bau“), Vieweg 1921 [„Abh. X.“] — 4. Die Einleitung zu dem eben genannten Buch [„Geleitwort“].

²⁾ *N. Bohr*, „Grundpostul.“ S. 165; siehe auch S. 129, 117, 139, Fußnote S. 142.

³⁾ *N. Bohr*, „Geleitwort“ S. XVI unten, XVII oben; „Grundpostul.“ S. 132 unten und S. 146 oben.

Boltzmannschen Statistik! — noch richtige Resultate finden kann. — Von Bedeutung war dabei noch der Umstand⁸⁾, daß schon 1902 *Lord Rayleigh* ein mechanisches Theorem abgeleitet und auf den Beweis von *Boltzmanns* Strahlungsgesetz angewendet hatte⁹⁾, das erlaubt alle mechanisch-elektrodynamischen Elemente in der Ableitung des Wienschen Verschiebungsgesetzes außerordentlich prägnant zusammenzufassen⁸⁾; viel prägnanter als in den üblichen Darstellungen, welche etwa mit Lichtstrahlen und Dopplerprinzip operieren⁹⁾. Ich meine das folgende Theorem: Sind die Eigenschwingungen eines Spiegelhohlraumes durch Einbringung einer beliebigen Strahlung erregt, und verkleinert man nun unendlich langsam den Hohlraum durch Zusammenschieben der Spiegelwände, so wachsen dabei (auf Kosten der gegen den Strahlungsdruck geleisteten Kompressionsarbeit) die Partialenergien aller Eigenschwingungen, und zwar direkt proportional mit ihrer Frequenz:

$$\frac{\epsilon_s'}{\nu_s'} = \frac{\epsilon_s}{\nu_s} \dots \dots \dots (1)$$

ϵ_s, ϵ_s' der Energieinhalt; ν_s, ν_s' die Frequenz der s -ten Eigenschwingung vor und nach der „adiabatischen“ Kompression.

Dieses Theorem von *Rayleigh* half sehr wesentlich bei den Bemühungen zur Aufklärung der Stellung, die dem Verschiebungsgesetz innerhalb der *Planckschen Strahlungstheorie* so recht eigentlich zukommt. Es sei gestattet, hierauf näher einzugehen; denn hier begann sich — allerdings zunächst nur erst in einem einzigen und eigenartigen Grenzfall¹⁰⁾ — die Rolle zu enthüllen, die die adiabatischen Invarianten allgemein in der Quantentheorie und insbesondere auch in der Quantenstatistik spielen.

⁸⁾ Siehe die Berufung auf *Rayleigh* in *P. Ehrenfest* (1911 „B“) S. 94.

⁷⁾ *Rayleigh*, On the pressure of vibrations. Phil. Mag. 3, 338, 1902 = Scient. Pap. V, Nr. 276. *Rayleigh* knüpft dort an zwei instruktive mechanische Beispiele an: Unendlich langsame Verkürzung 1° der Fadenlänge eines Pendels, 2° der Länge einer transversal schwingenden Saite durch Überschieben einer engen Röhre.

⁸⁾ *Rayleigh* hatte sich darauf beschränkt, die Ableitung des *Boltzmannschen* Strahlungsgesetzes zu geben. In der Abhandl. „B“ (1911), S. 94 wies ich kurz darauf hin, daß *Rayleighs* Theorem auch „die bequemste Ableitung für das Wiensche Verschiebungsgesetz“ liefert. Man findet diese Art der Ableitung, die für die Vorlesung sehr geschickt ist, in extenso bei *L. Brillouin*, La théorie des Quanta (Paris 1922), S. 177. Siehe auch *J. Kunz*, Phil. Mag. 45, 300, 1923.

⁹⁾ Bis vor kurzer Zeit hatte ich eine methodisch besonders interessante Arbeit von *H. A. Lorentz* (Die Strahlungen wetten von Boltzmann in Wien“ Versl. Akad. Amsterd. 9, 572, 1901 = Proc. Amst. 3, 607, 1901) übersehen, die *Rayleigh* zitiert und in der schon eine Ableitung des Verschiebungsgesetzes gegeben wird, die vermeidet mit Lichtstrahlen zu operieren und sich an Stelle dessen auf die Fourierzerlegung des elektromagnetischen Feldes stützt. Auch wird diese Ableitung nicht auf einer mechanischen Analogie aufgebaut, sondern rein elektromagnetisch durchgeführt, und zwar mit besonderer Strenge.

¹⁰⁾ Vgl. Fußnote (31).

§ 3. *Plancks* Energiestufenhypothese ($\epsilon = 0, h\nu, 2h\nu, \dots$) lieferte (1901) eine Strahlungsformel, die allen Erfahrungen genügte. Waren aber alle einzelnen Züge dieser Hypothese notwendig? — Je deutlicher zu Bewußtsein kam, daß es jedenfalls nicht leicht sein würde, sie mit klassischen Mitteln zu deuten, desto interessanter wurde es, zu analysieren: Welche Züge dieser Hypothese sind notwendig, um zu erreichen, daß die Strahlungsformel einen im allgemeinen annehmbaren Verlauf besitzt, und welche Züge bestimmen nur die quantitativen Einzelheiten ihres Verlaufes. — Dabei war es etwas bequemer, nicht mit *Planck* die Energieverteilung über die „Resonatoren“, sondern mit *Rayleigh* die Energieverteilung über die Eigenschwingungen eines Spiegelhohlraumes zu betrachten¹¹⁾. — Die Anwendung von *Boltzmanns* Theorem der Energieäquipartition führt hier — wie *Rayleigh* betont hatte — unmittelbar zu einer Absurdität; zur „Violettkatastrophe“. Die unendlich vielen ultravioletten Eigenschwingungen des Hohlraumes würde jede den Energiebetrag kT auf sich nehmen, also zusammen unendlich viel Energie. Welcher Zug der Energiestufenhypothese ist es nun, der vor allem diese Violettkatastrophe abwendet? — *Boltzmanns* kombinatorische Ableitung der „wahrscheinlichsten“ Zustandsverteilung stützt sich wesentlich auf die Festsetzung: als „a priori gleichwahrscheinlich“ sollen Gebiete gleich großen Volumens im Phasenraum der Moleküle („ μ -Raum“) gelten; d. h. *Boltzmann* belegt den μ -Raum mit überall gleichem „Gewicht“. Gerade damit steht in engstem Zusammenhang, daß *Boltzmann* stets zur Äquipartition der (kinetischen) Energie geführt wird. *Plancks* Energiestufenhypothese belegt dagegen alle Punkte im Phasenraum eines Resonators mit dem Gewicht Null, und allein der Nullpunkt ($q = p = 0$) und die Ellipsen $\epsilon = h\nu, 2h\nu, \dots$ erhalten ein Gewicht. Damit verläßt *Planck* den *Boltzmannschen* Standpunkt und befreit eben dadurch das Strahlungsgleichgewicht von der Äquipartition. Aus dem statistischen Teil von *Plancks* Theorie war deutlich zu ersehen: das Größerwerden der Energiestufen mit wachsendem ν sorgte für den Abfall der Strahlungsformel im Ultraviolett und wendete die Violettkatastrophe ab — ultraviolette Eigenschwingungen bekommen bei einer gegebenen Temperatur sozusagen sehr viel weniger Chancen („a posteriori“), von dem Energieniveau Null wegzukommen, als ein ultraroter Konkurrent mit seinen viel bescheidenen Anforderungen¹²⁾.

§ 4. Um die Analyse weiter zu vertiefen, mußte man einmal der statistischen Rechnung eine allgemeinere Gewichtsverteilung („Wahrscheinlichkeit a priori“) zugrunde legen, welche

¹¹⁾ *P. Ehrenfest*, Zur Planckschen Strahlungstheorie, Phys. Z. S. 7, 528 1906;; *P. Debye*, Wahrscheinlichkeitsbegriff in der Theorie der Strahlung, Ann. d. Phys. 33, 1427, 1910.

¹²⁾ *P. Ehrenfest* „A“ (1906) § 5.

die Boltzmannsche und die Plancksche als Spezialfälle umfaßte¹³⁾. Es bezeichne also:

$$\gamma(v, \epsilon) d\epsilon \quad (2)$$

die „Wahrscheinlichkeit a priori“ dafür, daß eine Eigenschwingung von der Frequenz v einen Energieinhalt zwischen ϵ und $\epsilon + d\epsilon$ besitzt, und es sei für einen Spiegelhohlraum von 1 cm³ Inhalt

$$N(v) dv = \frac{8\pi v^2}{c^3} dv \quad (3)$$

die Anzahl der Eigenschwingungen von der Frequenz $v \rightarrow v + dv$. Dann erhält man¹⁴⁾ für die „wahrscheinlichste“ Zustandsverteilung bei der Temperatur T als den gesamten Energieinhalt dieser $N(v) dv$ Eigenschwingungen die folgende Größe:

$$Q(v, T) dv = dv \frac{8\pi v^2 \int_0^\infty d\epsilon \gamma(v, \epsilon) e^{-\frac{\epsilon}{kT}}}{\int_0^\infty d\epsilon \gamma(v, \epsilon) e^{-\frac{\epsilon}{kT}}} \quad (4)$$

Je nach der Wahl von $\gamma(v, \epsilon)$ richtet sich die Strahlungsformel, die man erhält¹⁵⁾. Zu einer bedeutsamen näheren Determination der Gestalt von $\gamma(v, \epsilon)$ führte die folgende Bemerkung¹⁶⁾: Boltzmanns mechanisch-statistische Ableitung des zweiten Hauptsatzes, d. h. seine Ableitung der Gleichung

$$\frac{\delta Q}{T} = \frac{\delta E + \delta A}{T} = k \delta \lg W \quad (5)$$

stützte sich wesentlich auf die oben erwähnte Festsetzung, daß allen Punkten des „ μ -Raumes“ (Phasenraumes der Moleküle) ein und dasselbe apriorische Gewicht zukommt. Die Plancksche Energiestufenhypothese und verallgemeinernd die Gewichtswahl $\gamma(v, \epsilon)$ durchbricht aber diese Festsetzung für den (zweidimensionalen) „ μ -Raum“ der Eigenschwingungen. Was ist die allgemeinste $\gamma(v, \epsilon)$, die dennoch die Boltzmannsche Beziehung (5) bestehen bleiben läßt? Indem man unter zielbewußter Ausnutzung des Rayleighschen Theorems (1) untersuchte, für welche $\gamma(v, \epsilon)$ -Wahl die Entropie, d. h. der „Logarithmus der Wahrscheinlichkeit“ einer beliebigen schwarzen oder nichtschwarzen Strahlung bei adiabatischer Kompression des Spiegelhohlraumes invariant bleibt, ergab sich¹⁷⁾: Hinreichend und notwendig ist hierfür, daß die Gewichtsfunktion $\gamma(\epsilon, v) d\epsilon$

das ϵ und v nur in der Verbindung $\frac{\epsilon}{v}$ enthält, welche bei der adiabatischen Kompression des Spiegelhohlraumes invariant bleibt:

$$\gamma(\epsilon, v) d\epsilon = g(i) di \quad (6)$$

wo

$$\frac{\epsilon}{v} = i \quad (7)$$

gesetzt ist. Und eben diese Beschränkung von $\gamma(v, \epsilon)$ ergibt als Folge, daß die durch Gl. (4) gelieferten Strahlungsformeln $Q(v, T)$ dem Wienschen Verschiebungsgesetz gehorchen:

$$Q(v, T) = \frac{8\pi v^2}{c^3} \frac{\int_0^\infty di g(i) e^{-\frac{iv}{kT}}}{\int_0^\infty di g(i) e^{-\frac{iv}{kT}}} = v^3 f\left(\frac{v}{kT}\right) \quad (8)$$

Von dem so gewonnenen Gesichtspunkt aus betrachtet besagt also speziell Plancks Energiestufenhypothese und die daran anschließende statistische Festsetzung: Nur diejenigen Erregungszustände sind mit einem von Null verschiedenen — und adiabatisch invariant bleibenden! — Gewicht zu belegen, für welche die bei adiabatischer Kompression invariante Größe (7) einen der Werte

$$i = 0, h, 2h, \dots \quad (9)$$

besitzt¹⁸⁾. Und dieser Zug adiabatischer Invarianz in der Planckschen Energiestufenhypothese war es also, der allgemein für den Frieden mit dem zweiten Hauptsatz und im besonderen für die Erfüllung des Verschiebungsgesetzes sorgte!

Setzt man

$$\alpha) \frac{v}{hT} = \sigma \quad \beta) \int_0^\infty di g(i) e^{-\sigma i} = Q(\sigma) \\ \gamma) \int_0^\infty di g(i) e^{-\sigma i} i = P(\sigma)$$

und beachtet, daß

$$\delta) \frac{P(\sigma)}{Q(\sigma)} = - \frac{\frac{d}{d\sigma} [P(\sigma)]}{Q(\sigma)} = - \frac{d}{d\sigma} [\log Q(\sigma)]$$

so liefert (8) folgende lineare Integralgleichung zur Bestimmung von $g(i)$:

$$\epsilon) \int_0^\infty di g(i) e^{-\sigma i} = e^{-\frac{\sigma^3}{8\pi}} \int_0^\infty d\sigma f(\sigma)$$

falls die Strahlungsformel und also $f(\sigma)$ z. B. als empirische Formel bekannt ist. Man kann so von Aussagen über den Verlauf von $Q(v, T)$ zu Aussagen über die Gewichtsfunktion $g(i)$ gelangen. — Vor allem ließ sich zeigen¹⁹⁾: Vermeidung der „Violett katastrophe“ und genügend rascher Abfall der Strahlungskurve mit wachsendem v läßt sich nur dadurch erzielen, daß man bei der Gewichtswahl $g(i)$ den Energiewert Null (also $i = 0$) mit einem „Punktgewicht“ belegt und anderseits die daran anschließende Umgebung kleiner Energie- resp. i -Werte mit dem Gewicht Null belegt (siehe exaktere Formulierung l. c. § 8, 9). „Ein genügender Abfall der Strahlungskurve für ... wachsende v kommt nur dadurch zustande, daß die Resonatoren so etwas wie eine „Reizschwelle“ aufweisen, deren Höhe im

¹³⁾ P. Ehrenfest „B“ (1911), § 3.

¹⁴⁾ Siehe ebendort Gl. (18).

¹⁵⁾ Und umgekehrt ist (4) eine lineare Integralgleichung für $\gamma(v, \epsilon)$, falls $Q(v, T)$ gegeben ist (vergl. Fußnote 20).

¹⁶⁾ l. c. §§ 4, 5.

¹⁷⁾ l. c. § 5 und „Anhang“ S. 114. Die dort gegebene Ableitung ist unnötig umständlich.

¹⁸⁾ l. c. § 13.

¹⁹⁾ l. c. § 8, 9.

übrigen der Frequenz ν proportional ist“ (l. c. S. 110). — Integralgleichungen vom Typus (ε) oder ausgebreitet durch „Punktgewichte“ g_i :

$$\xi^{(20)} \sum_{r=1}^{\infty} g_r e^{-\sigma_r} + \int_0^{\infty} d i g(i) e^{-\sigma i}$$

= bekannte Funktion von σ

werden vielleicht in Zukunft eine größere Rolle in der Quantenstatistik spielen, wenn man einmal *Bohrs* Ideen über „unscharfe Quantisierung“⁽²¹⁾ mit dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie konfrontiert wird.

§ 5. Die *universelle* Bedeutung von *Plancks* Quantenhypothese für ganz heterogene Gebiete der Physik war allmählich so evident geworden — vor allem durch den Einfluß von *Einsteins* Eingreifen⁽²²⁾ —, daß Fragestellungen, die zunächst überwiegend kritisch orientiert waren, sich naturgemäß in Fragestellungen ganz anderer Art weiterentwickeln mußten: *Plancks* wunderbarer tiefer Fund konnte für einen sinoidal schwingenden Freiheitsgrad als gesichert gelten — wie war nun seine Quantenregel auf nicht mehr sinoidal schwingende Systeme und auf mehrere Freiheitsgrade auszubreiten? *Sommerfelds* Vortrag⁽²³⁾ in Karlsruhe (1911), die Vorträge und Diskussionen auf dem ersten Solvaykongreß (Nov. 1911) und der Göttinger Wolfskehlewoche von April 1913 geben ein gutes Bild von den Mitteln, mit welchen man in jenem Zeitintervall diese Frage anzufassen trachtete.

Den bedeutsamsten Leitgedanken lieferte dabei eine Formulierung, die *Planck* schon 1906⁽²⁴⁾ für seine Hypothese angegeben hatte: die Ellipsen $\varepsilon = 0, h\nu, 2h\nu, \dots$ zerlegen die Phasenebene des Resonators in elliptische Streifen, deren Flächeninhalt nicht mehr vom ν des Resonators abhängt, sondern eine universelle Naturkonstante, das „Wirkungsquantum“ h ist. Die konsekutiven Ellipsen waren also gegeben durch

$$\iint d q d p = \int p d q = n h \dots (10)$$

Débye übertrug als erster (1913)⁽²⁵⁾ diese Quantenvorschrift (10) auf nichtsinoidale Bewegungen: auf Schwingungen, bei denen die Kraft etwas vom Gesetz von *Hooke* abweicht und deren Phasenlinien also nicht mehr genau Ellipsen sind.

⁽²⁰⁾ I. c. Gl. (60). Diese Integralgleichung behandelt schon *B. Riemann* („Anzahl der Primzahlen . . .“, Ges. Werke S. 149). Siehe auch *R. H. Fowler* Proc. of the Roy. Soc. A 99 (1921), S. 462, und *E. Bauer* Thèse Paris 1912 (Gauth. Villars).

⁽²¹⁾ Siehe Fußnote (56).

⁽²²⁾ *A. Einstein*, Erzeug u. Verwandl. des Lichtes. Ann. d. Phys. 17, 132, 1905; Lichterzeug. u. -absorption, Ann. d. Ph. 20, 627, 1906; Die Plancksche Theorie der Strahlung u. die Theorie d. spezif. Wärme, Ann. d. Ph. 22, 180, 1907. Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems, Phys. Zschr. 10, 185, 1909.

⁽²³⁾ Phys. Zschr. 12, 1057, 1911.

⁽²⁴⁾ *M. Planck* Vorles. über d. Theorie d. Wärmeabstrahlung, § 150.

⁽²⁵⁾ In „Vorträge über die kinetische Theorie der Materie“ (Teubner 1914) S. 27.

§ 6. Kam man von den in § 4 skizzierten Untersuchungen her, so war man naturgemäß geneigt, sich durch einen anderen Gesichtspunkt weiterleiten zu lassen — den der „adiabatischen Transformation“ —, der sich bei der Analyse des Verschiebungsgesetzes so vortrefflich bewährt hatte. Sollte nicht auch für allgemeinere Quantensysteme gelten: bei einer „adiabatischen Beeinflussung“, d. h. bei einer Veränderung der Bewegungsbedingungen⁽²⁶⁾, die, verglichen mit dem Ablauf der inneren Zustandsänderungen, unendlich langsam erfolgt, geht jede „quantös erlaubte“ (in *Bohrs* Terminologie: „stationäre“) Bewegung des undeformierten Systems in eine „quantös erlaubte“ Bewegung des deformierten Systems über. War diese „Adiabatenhypothese“ richtig, so konnte sie vor allem helfen, diejenigen allgemeineren Bewegungen von einem Freiheitsgrad zu quantisieren, welche aus den verschiedenen Quantenbewegungen

$$\frac{\varepsilon}{\nu} \equiv i = n h \text{ (vgl. [9])} \dots (11)$$

eines sinoidalen Resonators durch passende adiabatische Beeinflussung erzeugt werden können. Um in dieser Weise aus (11) die Quantenvorschrift für solch eine allgemeinere Bewegung abzuleiten, galt es, eine Größe I zu finden, die α) auch noch bei diesen Transformationen sinoidal in nicht sinoidale Bewegungen „adiabatisch invariant“ blieb⁽²⁷⁾, und die β) für die sinoidale

Beginnbewegung mit $i = \frac{\varepsilon}{\nu}$ identisch war. —

Man hatte dann die Quantenvorschrift (11) für die sinoidalen Beginnbewegungen in die Form

$$I = n h \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \dots (12)$$

umzuschreiben, was wegen β) erlaubt war. Und wegen α) blieben sie dann in dieser Form auch für die allgemeineren Bewegungen gelten, die adiabatisch aus den quantös erlaubten Sinusbewegungen (11) erzeugt und also — nach der Adiabatenhypothese selber quantös erlaubt waren. — Bei dem tastenden Suchen nach diesem I ergab sich sogleich wesentlich mehr: eine adiabatische

⁽²⁶⁾ Z. B. des Kraftfeldes oder eventueller kinematischer Bedingungen. — Die Bezeichnung „adiabatisch“ für derartige Beeinflussungen findet sich bei *H. Hertz*, Principien der Mechanik (1894) § 560 und *L. Boltzmann*, Prinz. d. Mechanik Bd. II (1904). Sie verdankt ihren Ursprung dem Umstand, daß sowohl in den ältesten Versuchen einer rein-mechanischen (nicht-statistischen!) Deutung des II. Hauptsatzes [*L. Boltzmann*: Üb. d. mechan. Bedeut. d. II. H. S. Wien. Ak. 53, 195, 1866; zur Priorität der Auffind. d. Bezieh. zw. II. H. S. u. Prinz. d. kleinst. Wirk. — Ann. d. Phys. 143, 211, 1871 — siehe Abh. Bd. I. — *R. Clausius* Ann. d. Phys. 142, 458, 1870] als auch in den „Monocykel-Analogieen“ zum II. H. S. [*H. v. Helmholtz* (1884) Wiss. Abh. III S. 119—202; *L. Boltzmann* (1884—85) Wiss. Abh. III S. 122—181; „Prinz. d. Mechan.“ Bd. II § 51] gerade derartige Beeinflussungen zur Abbildung der adiabatischen Prozesse in der Thermodyn. verwendet wurden.

⁽²⁷⁾ Analog wie $i \equiv \varepsilon/\nu$ bei der spezielleren adiabatischen Transformation von einer Sinusbewegung ν nach einer Sinusbewegung ν' invariant geblieben war.

Invariante für Systeme beliebig *vieler Freiheitsgrade*, falls deren Bewegungen *periodisch* sind und während der adiabatischen Transformation *periodisch bleiben* (mit im allgemeinen veränderter Periodizitätsfrequenz ν). Für das über eine Periode genommene „Wirkungsintegral“ ließ sich nämlich die Aussage ableiten²⁸⁾:

$$\oint 2 T dt = \frac{2 \bar{T}}{\nu} \dots \dots \dots (13)$$

ist „adiabatisch invariant“. Da für einen sinoidalen Resonator der zeitliche Mittelwert der kinetischen Energie T gleich dem der potentiellen Energie und folglich $\epsilon = 2 \bar{T}$ ist, so ist hier $\frac{2 T}{\nu} = \frac{\epsilon}{\nu}$, und die adiabatische Invariante (13) erfüllt also die obengenannte Forderung β). Somit nimmt (12) die Form an:

$$I \equiv \frac{2 \bar{T}}{\nu} = n h \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \dots (14)$$

oder auch

$$I = \oint p dq = n h \dots \dots \dots (15)$$

denn für Systeme von einem Freiheitsgrad gilt ja:

$$\oint 2 T dt = \oint p dq dt = \oint p dq$$

Somit folgte aus der Adiabatenhypothese: Plancks Quantenvorschrift (10) für Sinusbewegungen ist auch schon die Quantenvorschrift für alle *allgemeineren Bewegungen von einem Freiheitsgrad*, die aus den ersteren adiabatisch erzeugt werden können.

Schon bei der Anwendung auf sehr einfache Fälle traten übrigens eigentümliche Schwierigkeiten hervor²⁹⁾. Es handelte sich z. B. um die Sicherstellung der Quantenbedingungen für die Rotationsbewegungen eines starren Moleküls³⁰⁾, das sich *kraftfrei* um eine feste Achse drehen kann. Man konnte zunächst ein etwas allgemeineres System ins Auge fassen: einen starren Dipol, der um eine feste Achse drehend in einem *orientierenden Feld* aufgehängt ist. Je nachdem man das Produkt D aus Dipolmoment und Feldstärke genügend klein oder genügend groß wählt, ist man dann jeweils beliebig nahe einem der beiden Grenzfälle: sinoidal schwingendes Pendel (für das die Quantenbedingungen schon bekannt waren) und „kraftfreier Rotor“ (für den die Quantenbedingungen abgeleitet werden sollten). Geht man von einem sehr großen D -Wert aus, und zwar z. B. von der „quantös erlaubten“ Sinuspendelung $\frac{\epsilon}{\nu} = 5 h$, so gelangt man durch unendlich langsame Abschwächung von D zunächst zu *nicht-sinoidalen* Pendelungen endlicher Schwingungs-

weite, und soweit handelt es sich in der Tat um eine adiabatische Transformation. Bei weiterer Abschwächung von D nähert sich aber die Pendelung der *asymptotischen* Bewegung, welche die Grenze zwischen den Pendelungen und *Randlaufbewegungen* bildet. Ein *adiabatischer* Durchgang durch diese Grenzbewegung ist aber unmöglich³⁰⁾, weil ja bei Annäherung an sie die Periode unbegrenzt wächst und also nicht mehr die Bedingung erfüllt werden kann, daß die Veränderung des D „unendlich langsam, verglichen mit den inneren Zustandsänderungen des Systems“, erfolge.

§ 7. Der Begriff der adiabatischen Invarianz bewährte sich übrigens nicht nur für die *Festlegung* der Quantenbewegungen, sondern auch für die Frage nach ihren „*Gewichten*“ („Wahrscheinlichkeiten a priori“). Es ließ sich nämlich das Resultat, das bei der Analyse des Verschiebungsgesetzes betreffs der Gewichtsfunktion $\gamma(\nu, \epsilon)$ allein für Sinusbewegungen abgeleitet worden war — siehe Gl. (6) —, auf allgemeine Bewegungen ausbreiten³¹⁾: Für die Gültigkeit der Boltzmannschen Relation:

$$\frac{\delta Q}{T} \equiv \frac{\delta E + \delta A}{T} = k \delta \log W \dots (16)$$

ist hinreichend und notwendig³²⁾, daß die *Gewichtsbelegung des „u-Raumes“* *adiabatisch invariant* sei.

Beispiel: Galt als feststehend, daß für *sinoidale* Bewegungen 1) allein die Bewegungen (9) — (12) ein von Null verschiedenes Gewicht besitzen, und zwar 2) für alle Quantenstufen $n = 0, 1, 2, \dots$ ein und dasselbe Gewicht, so übergießt sich diese Aussage unverändert auf die *allgemeineren* Bewegungen, die aus ihnen adiabatisch erzeugt werden können.

§ 8. In den Jahren 1915 und 1916 entwickelten unter dem Anstoß der Bohrschen Atomtheorie Wm. Wilson, Planck, Sommerfeld, Epstein und Schwarzschild die Quantenvorschriften für eine sehr umfangreiche Klasse mit mehreren (s) Freiheitsgraden; nämlich für die Bewegungen „*mehrfach periodischer*“ Systeme mit einem „*Periodizitätsgrad*“ $u \leq s$ ³³⁾, d. h. Bewegungen, die sich in u fache Reihen von harmonischen Schwingungen auflösen lassen; bei denen also die kartesi-

³⁰⁾ P. Ehrenfest [1913 „C“ und „D“]. Die versuchsweisen Ansätze von H. A. Lorentz Solvay-Kongreß (1911) p. 477 und N. Bjerrum Nernst-Festschrift (Halle 1912) bedurften einer kleinen Veränderung und näheren Begründung.

³¹⁾ P. Ehrenfest [1914 „E“]. — Es sei übrigens auf eine eigentümliche Besonderheit der Hohlraumstrahlung hingewiesen, welche die „wahrscheinlichsten Zustände“ anderer Systeme im allgemeinen nicht besitzen: sie geht bei adiabatischer Kompression stets durch „wahrscheinlichste“ Zustände hindurch (d. h. bleibt „schwarz“), gleichgültig, ob man — durch Einschließen eines „Stäubchens Kohle“ in den Spiegelhohlraum — einen Energieaustausch zwischen den verschiedenen Freiheitsgraden des Hohlraumes ermöglicht oder es auch unterläßt. — Siehe P. Ehrenfest [1913 „D“ § 4] und [1916 „F“ § 8 Bem. B].

³²⁾ Falls die Moleküle mehrere Freiheitsgrade besitzen, so einige Einschränkungen für die „Notwendigkeit“.

³³⁾ Die Terminologie ist hier im Anschluß an Bohr [„Grundpostul.“] §§ 2, 3, gewählt.

²⁸⁾ P. Ehrenfest [1913 „D“]. Gl. (13) ergab sich als direkte Folgerung aus einem Variationstheorem, welches Boltzmann und Clausius in Verallgemeinerung des „Prinzips der variierenden Wirkung“ abgeleitet und für mechanische Analogien zum II. H. S. verwendet hatten. Siehe Boltzmann Mechanik Bd. II § 48 und die in Fußnote 26) genannten Arbeiten.

²⁹⁾ P. Ehrenfest [1913 „D“] und [1916 „F“]. — Vgl. hierzu und zum „Beispiel“ am Ende von § 8 die tiefgehenden Untersuchungen von Bohr, die in den Fußnoten 46, 49, 54 zitiert werden.

schen Koordinaten der Systempunkte durch Fourierreihen der Form:

$$\xi = \sum C_{\tau_1 \dots \tau_u} \cos 2\pi (\tau_1 \omega_1 + \dots + \tau_u \omega_u) t + \gamma_{\tau_1 \dots \tau_u} \quad (17)$$

darstellbar sind. — Gegenüber jeder neuen Ausbreitung der Quantenvorschriften ergab sich natürlich die Frage: ist sie im Übereinstimmung oder in Widerspruch mit der Adiabatenhypothese? — Vor allem ließ sich nun zeigen³⁴⁾: In den Quantenvorschriften, die Sommerfeld für den „radialen“ und „azimutalen“ Impuls einer Zentralkraftbewegung gegeben hatte:

$$\int p_r dr = n_1 h \quad (18a)$$

$$\int_0^{2\pi} p_\varphi d\varphi = 2\pi p_\varphi = n_2 h \quad (18b)$$

waren die linken Seiten in der Tat invariant gegenüber adiabatischen Veränderungen der Form $f(r)$ dieser Zentralkraft. — Auch traten hier schon scharf die Schwierigkeiten hervor, auf die man im allgemeinen stößt, wenn man adiabatisch durch eine „Degeneration“ des Systems hindurchzugehen versucht³⁵⁾.

Beispiel: Von der anisotropen Lissajousbewegung eines Massenpunktes im Potentialfeld

$$\Phi = \frac{1}{2} (v_1^2 x_1^2 + v_2^2 x_2^2)$$

mit den bekannten Quantenvorschriften

$$\frac{\epsilon_1}{v_1} = n_1 h, \quad \frac{\epsilon_2}{v_2} = n_2 h,$$

ausgehend, gelangt man durch unendlich langsame Änderung der Parameter v_1, v_2 zur „Degeneration“ $v_1 = v_2 = v$ mit dem isotropen elastischen Zentralkraftfeld:

$$\Phi = \frac{v}{2} (x_1^2 + x_2^2) = \frac{v r^2}{2}$$

und weiter durch unendlich langsame Verformung zu einem allgemeinen Zentralkraftfeld $\Phi = f(r)$. Auf diesem Weg würde man aber im allgemeinen zu Zentralkraftbewegungen gelangen, die die Quantenbedingung ((18b) für das Flächenmoment verletzen. Falls nämlich v_1 und v_2 schon beinahe gleich geworden sind, so erfolgt die Bewegung in einer Lissajousfigur, die ein Rechteck mit Seiten parallel x_1 und x_2 überall dicht ausfüllt, wobei das Flächenmoment außerordentlich langsam zwischen Null (Bewegung beinahe exakt längs einer Diagonale des Rechteckes) und gewissen positiven und negativen Extremwerten (Bewegung längs der flächengrößten Ellipse, die dem Rechteck eingeschrieben ist) hin- und herschwankt. Und da diese eigenartigen „Schwebungen“ unbegrenzt langsamer erfolgen, je näher man der Isotropie $v_1 = v_2$ kommt, so bleibt unbestimmt, mit welchem Wert des Flächenmomentes man in der Isotropie landet. Dieser zufällige Wert bleibt dann aber

weiter beim Übergang zum allgemeinen $\Phi = f(r)$ schon erhalten.

§ 9. Die Vermutung³⁷⁾, daß auch noch in Epsteins Quantenvorschrift:

$$\int p_1 dq_1 = n_1 h, \dots, \int p_s dq_s = n_s h \quad (19)$$

für Systeme mit s „separierbaren“ Koordinaten $q_1 \dots q_s$ die linken Seiten adiabatisch invariant sind, erforderte zu ihrem Beweise schon schwierigere mathematische Hilfsmittel. Dieser Beweis gelang J. Burgers³⁸⁾, und zugleich zeigte er: Die zu den Winkelvariablen (Bohr: „uniformisierenden Variablen“):

$$w_r = \omega_r t + \delta_r \quad (r=1, 2, \dots, u) \quad (20)$$

eines „mehrfach periodischen“ Systems (Gl. 17) „konjugierten Momente“ I_1, I_2, \dots, I_u lassen sich stets so auswählen³⁹⁾, daß sie adiabatisch invariant sind, und diese Auswahl macht erst die Schwarzschildschen Quantenvorschriften:

$$I_1 = n_1 h, \dots, I_u = n_u h \quad (21)$$

zu bestimmten Festsetzungen, und diese Festsetzungen stehen dann also mit der Adiabatenhypothese in Einklang.

Hier traten in noch allgemeinerer Form die Schwierigkeiten hervor, die sich beim Versuch eines adiabatischen Durchgangs durch eine Degeneration einstellen können.

§ 10. Eine weitgehende Klärung und ganz außerordentliche Vertiefung erfuhr die Theorie der adiabatischen Transformation durch Bohrs große Arbeit von 1918⁴⁰⁾ und durch die Arbeit, die er kürzlich (1922) über die Grundpostulate der Quantentheorie publiziert hat⁴¹⁾.

Schon im Jahre 1913 — im Teil III seiner epochalen Arbeit „Über die Konstitution von Atomen und Molekülen“ — hatte sich Bohr einer adiabatischen Transformation bedient⁴²⁾: Er denkt ein Wasserstoffmolekül durch allmähliches Zusammenrücken zweier neutraler Atome entstanden und behandelt diesen Prozeß, der sehr langsam gegen den Umlauf der Elektronen erfolgen soll, nach der klassischen Mechanik (analog: $H + He, He + He$). — Und in einer Arbeit, die schon 1916 im Korrekturbogen vorlag, aber nur erst 1921 publiziert wurde⁴³⁾, verwertete Bohr die von mir für periodische Systeme nachgewiesene adiabatische

Invarianz von $\frac{2T}{v}$ zur Behandlung einer Reihe von sehr interessanten Einzelfragen. Besonders hervorheben möchte ich die schöne Bemerkung über die adia-

³⁷⁾ P. Ehrenfest [1916 „F“] Schlußbemerkung].

³⁸⁾ J. Burgers, Adiab. Invarianten bij mechan. Systemen I, II, III Versl. Akad. Amsterd. 25 (1917), S. 849, 918, 1055 = Proc. Amsterd. 20 (1917), 149, 158, 163. = Ann. d. Ph. 52 (1917), 195. — J. Burgers, Het atoommodel van Rutherford-Bohr (Dissert. Leiden 1918), Hoofdst. VI. — G. Kruitkow, Bijdrage tot de theorie der adiab. Invar. Versl. Akad. Amsterd. 27 (1918), 908 = Proc. Amst. 21 (1918), 1112.

³⁹⁾ J. Burgers lc. III. Vgl. dazu N. Bohr [„Grundpostul.“], § 2 „Beding. III“ und Fußnote 2 auf S. 131.

⁴⁰⁾ N. Bohr, „Qu. d. L.“

⁴¹⁾ N. Bohr, „Grundpostul.“

⁴²⁾ N. Bohr, „Abhandl. über Atombau“ Vieweg 1921, Abh. III, § 4.

⁴³⁾ N. Bohr, „Abh. X“, § 1.

³⁴⁾ P. Ehrenfest [1916 „F“] § 7.

³⁵⁾ Vergleiche hierzu die Untersuchungen von Bohr, die in den Fußnoten (54, 55) zitiert werden.

³⁶⁾ P. Ehrenfest [1916 „F“] § 9].

batische Reorganisation der Elektronenbewegungen im Falle γ -strahlungsfreier radioaktiver Umsetzungen⁴⁴⁾. Hier deht *Bohr* auch den Beweis für die adiabatische Invarianz von $\frac{2T}{\nu}$ auf den Fall relativistisch veränderlicher Massen aus⁴⁵⁾ und beleuchtet näher die in § 6 erwähnte Schwierigkeit beim überschlagenden Pendel⁴⁶⁾.

Zunächst bevorzugte *Bohr* die Bezeichnung „Prinzip der mechanischen Transformierbarkeit“⁴⁷⁾ vor der kürzeren: „Adiabatenprinzip“. Dadurch sollte vor allem dem möglichen Mißverständnis vorgebeugt werden, als handle es sich etwa um ein thermodynamisch-statistisches Prinzip⁴⁸⁾. Überdies wurde durch diese Bezeichnung der Nachdruck darauf gelegt, daß nach diesem Prinzip die *Quantensysteme unter gewissen Umständen quasi-klassisch reagieren*, d. h. so, als ob sie der klassischen Mechanik gehorchen, wenn man sie nämlich genügend glatten, geduldig-behutsamen äußeren Einflüssen unterwirft — eben den „adiabatischen“; daß sie aber anderseits ihre Quantenkrallen zeigen dürfen und (im allgemeinen) zeigen sollen, sobald die Beeinflussung nicht mehr genügend geduldig-behutsam erfolgt. Und *Bohr* läßt uns sehen⁴⁹⁾, daß dieser letztere Fall vorliegt, sobald man durch eine noch so langsame Veränderung der Bewegungsbedingungen — also z. B. des äußeren Kraftfeldes — aus einer „Degeneration“ mit bestimmtem „Periodizitätsgrad“ u heraustretend zu einer geringeren Degeneration mit höherem Periodizitätsgrad u' übergeht: Die Fourierdarstellung (17) der Bewegungen des Systems, die zunächst durch u uniformisierende (Winkel-) Variable W_1, W_2, \dots, W_u (siehe Gl. 20) erfolgte, erfordert nun noch weitere Winkelvariablen $W_{u+1}, \dots, W_{u'}$, deren Änderungsgeschwindigkeiten $\omega_{u+1}, \dots, \omega_{u'}$ in der nächsten Umgebung der Degeneration außerordentlich klein sind. Da also die neu hinzukommenden Periodizitätsgrade zunächst als unendlich langsame Schwingungen auftreten⁵⁰⁾, so ist es unmöglich, die Veränderung des äußeren Kraftfeldes — im Sinne des Adiabatenprinzips — „unendlich langsam, verglichen mit den inneren Bewegungen des Systems“ stattfinden zu lassen. Demgemäß verlangt *Bohr*⁵¹⁾, daß in diesem Fall das System im allgemeinen nicht mehr quasi-klassisch reagiere, sondern sich „*unmechanisch*“ auf die Quantenbedingungen

$I_{u+1} = n_{u+1} h, I_{u+2} = n_{u+2} h, \dots, I_{u'} = n_{u'} h$ einstelle, die die neu hervortretenden langsamen

Schwingungen — zu den neuen Winkelvariablen $w_{u+1}, w_{u+2}, \dots, w_{u'}$ gehörig — mit sich bringen.

Damit vollzog *Bohr* einen Schritt, dessen Bedeutsamkeit für die Weiterentwicklung der Quantentheorie wohl erst nur in der Zukunft in vollem Umfang überblickbar sein wird. — *Bohr* stellt hier auch einen vielversprechenden Kontakt zwischen Adiabaten- und Korrespondenzprinzip her⁵²⁾! Denn durch sein Korrespondenzprinzip läßt sich ja *Bohr* leiten, wenn er nachdrücklich und schließlich siegreich gegenüber anderer Meinung die Auffassung verteidigt, daß die Anzahl der Quantenbedingungen eines Systems nicht etwa immer gleich der Anzahl seiner Freiheitsgrade (s), sondern stets gleich seinem „Periodizitätsgrad“ (u) sei⁵³⁾. Hier beim unendlich langsamen Herausgehen aus einer Degeneration treten also im Sinne des Korrespondenzprinzips zugleich mit den neuen langsamen Schwingungen auch die neuen Quantenzahlen $n_{u+1}, n_{u+2}, \dots, n_{u'}$ auf, deren Veränderungen Übergangsprozesse bezeichnen, die gerade jenen neuen Schwingungen „korrespondieren“.

§ 11. Die hier angedeuteten, bahnbrechenden Ideen hat *Bohr* mit Hilfe der Störungsrechnung in voller Allgemeinheit entwickelt⁵⁴⁾ und auf wichtige Beispiele von Degenerationen⁵⁵⁾ wie auch auf das oben in § 4 und § 7 berührte Problem der „*adiabatischen Invarianz der statistischen Gewichte*“⁵⁶⁾ angewendet⁵⁷⁾.

Diese Betrachtungen gehören wohl — es sei die Unbescheidenheit solchen Urteilens verziehen! — zu dem Tiefsten und zugleich Schönsten, was

⁵²⁾ N. Bohr, „Geleitwort“, S. XVI oben; „Grundpostul.“, S. 146 oben.

⁵³⁾ N. Bohr, „Q. d. L.“, S. 23 Fußnote, 26—27, 88, 105, 119; „Geleitwort“, S. XVI; „Grundpostul.“, S. 127 Gl. (A), 127, 145—146.

⁵⁴⁾ Siehe besonders N. Bohr, „Q. d. L.“, S. 29—33, 58—88(!); „Grundpostul.“, S. 123—135.

⁵⁵⁾ N. Bohr, „Q. d. L.“, S. 101, 110, 119; „Grundpostul.“, S. 149 Fußnote über die „räumliche Quantelung bei dem wunderbaren Experiment von O. Stern und W. Gerlach“.

⁵⁶⁾ N. Bohr, „Q. d. L.“, S. 41, 34—37, 107 (Fußnote!), 133 (Fußnote!); „Grundpostul.“, S. 135—137, 138 (!). Ganz besonders zu beachten sind hier *Bohrs* Bemerkungen über die Gewichte — im Falle von Degeneration und über das Ausgeschlossensein solcher stationärer Bewegungen, welche sich adiabatisch in solche Bewegungen überführen lassen, für welche es feststeht, daß sie das Gewicht Null besitzen — siehe die durch (!) gekennzeichneten Stellen. *Bohr* hat — siehe „Grundpostul.“, S. 136 Fußnote — meinen Beweis für die „*adiab. Invar. d. Gewichte*“ [1914, E] dadurch vereinfacht, daß er sich von vornherein auf diskrete stationäre Zustände beschränkt. *Bohrs* Ideen über nicht völlig scharfe Festlegung von stationären Bewegungen [„Q. d. L.“, S. 69, 70, 85, 139, 140; „Geleitwort“, S. XVI XVII (!); „Grundpostul.“, S. 127 unten, 134, 151—152] werden aber vielleicht gelegentlich ein Zurückgreifen auf meine umständlichere Betrachtung kontinuierlicher Gewichtsverteilungen nötig machen.

⁵⁷⁾ Beachte *Bohrs* interessante Verwertung adiab. Transformationen für die Festlegung des Begriffes Energiedifferenz verschiedener station. Bewegungen „Q. d. L.“, S. 10; „Grundpostul.“, S. 133.

⁴⁴⁾ Ebenda, S. 131.

⁴⁵⁾ S. 131, 132.

⁴⁶⁾ Fußnote 3), S. 127.

⁴⁷⁾ N. Bohr, „Qu. d. L.“, S. 9. — N. Bohr, Geleitwort“, S. XIII.

⁴⁸⁾ N. Bohr, „Qu. d. L.“, S. 9, Fußnote. — In seinen letzten Arbeiten akzeptiert aber *Bohr* die kürzere Bezeichnung „Adiabatenprinzip“. — Siehe N. Bohr, „Grundpostul.“, S. 131, Fußnote 1.

⁴⁹⁾ N. Bohr, „Qu. d. L.“, S. 29.

⁵⁰⁾ Vgl. oben das „Beispiel“ am Ende von § 8.

⁵¹⁾ N. Bohr, „Q. d. L.“, S. 31; ferner „Geleitwort“, S. XV—XVI, und „Grundpostul.“, S. 132 u. S. 146.

wir bisher überhaupt über die Grundlagen der Quantentheorie besitzen. Und schon läßt Bohr uns ahnen, wie der Weg weiter führen soll zu einem „Prinzip der Existenz und Permanenz der

Quantenzahlen⁵⁸⁾, dessen Gültigkeit nicht mehr an die Beschränkung gebunden sein soll⁵⁹⁾, daß alle Bewegungen des betrachteten Systems „mehrfach periodisch“ sind!

Das Korrespondenzprinzip und der Schalenbau des Atoms.

Von H. A. Kramers, Kopenhagen.

Die Stellung des Korrespondenzprinzips innerhalb der Bohrschen Theorie.

Die Versuche über die Streuung der α -Strahlen in Materie hatten in der Rutherfordschen Theorie des Kernatoms eine überaus einfache und natürliche Erklärung auf Grundlage der klassischen Elektrizitätslehre bekommen. Das Rutherfordsche Modell bekam sodann eine überzeugende Stütze durch die einfache physikalische Deutung, die es der Ordnungszahl der Elemente innerhalb der Reihe des natürlichen Systems, der sogenannten Atomnummer, zu geben imstande war. Diese Deutung, nach der die Atomnummer der Zahl der positiven Elementarladungen auf dem Kerne gleich ist, führte zu der wohl zuerst von Bohr klar erkannten Auffassung, daß die Eigenschaften der Stoffe in zwei scharf getrennte Gruppen zerfallen: solche, die nur durch die Kernladungszahl bestimmt sind, und zu denen alle physikalischen und chemischen Eigenschaften gehören, mit Ausnahme von solchen, die sich auf Gewicht und Radioaktivität beziehen, und solche, die durch die Einzelheiten des Kernbaus bedingt sind, und denen wir eben im Gewicht der Atome und in ihren radioaktiven Eigenschaften begegnen¹⁾. Das Ziel der Bohrschen Theorie besteht nun bekanntlich darin, an der Hand dieser Auffassung zu einem näheren Verständnis der beobachteten Abhängigkeit der Eigenschaften der Elemente von der Atomnummer zu gelangen. Die große Schwierigkeit, die sich zunächst der Erreichung dieses Zieles entgegenstellte, war die Erkenntnis der Unzulänglichkeit der Gesetze der klassischen Elektrodynamik und Elektronentheorie zur Beschreibung der Vorgänge im Atom. Besonders der Stabilität der Atome, die sich wohl in direktester Weise in den Tatsachen der Chemie kundgibt, und der Aussendung von scharfen Spektrallinien durch das Atom standen diese Gesetze ratlos gegenüber. Um der Natur gerade in diesen zwei Punkten gerecht zu werden, stellte Bohr, in Anlehnung an die Begriffe der von Planck geschaffenen Quantentheorie, seine zwei Grundpostulate auf, deren Formulierung von Bohr jetzt in etwa folgender Weise angegeben wird:

1. Unter den denkbaren möglichen Bewegungszuständen eines Atoms gibt es eine dis-

krete Mannigfaltigkeit von Zuständen, den sogenannten stationären Zuständen, von denen angenommen wird, daß die Bewegung der Teilchen in bedeutendem Umfange die klassischen mechanischen Gesetze befolgt. Diesem Umstand zum Trotz kommt dem Atom in diesen Zuständen eine mechanisch unerklärbare Stabilität zu, in solcher Weise, daß eine bleibende Änderung des Atoms nur durch einen vollständigen Übergang von einem stationären Zustand zu einem anderen zustande kommen kann.

2. Während im Widerspruch zur klassischen elektromagnetischen Theorie keine Ausstrahlung in den stationären Zuständen selbst auftritt, kann ein Übergang von einem stationären Zustand zu einem anderen mit geringerem Energieinhalt unter Aussendung von elektromagnetischer Strahlung stattfinden. Diese Strahlung besitzt sehr nahe dieselbe Beschaffenheit wie diejenige, die nach der klassischen Theorie von einem harmonisch schwingenden Oszillator ausgesandt wird. Die Frequenz ν der Schwingung hängt mit der ausgestrahlten Energiemenge ΔE durch die Frequenzbedingung

$$h\nu = \Delta E \quad (1)$$

zusammen, wo h die Plancksche Konstante bedeutet.

Im Einklang mit den Kirchhoffschen Strahlungsgesetzen kann der Zurückgang aus einem stationären Zustand zu einem anderen mit größerem Energieinhalt unter Einfluß eines äußeren Strahlungsfeldes (Absorption) nur dann vor sich gehen, wenn im Felde Strahlung anwesend ist, deren Frequenz mit h multipliziert, der Energievermehrung des Atoms beim Prozesse gleich ist.

Die Abweichung von den Gesetzen der klassischen Elektronentheorie ist offenbar und wird besonders unterstrichen durch die von Einstein in seiner Ableitung der Planckschen Strahlungsformel hervorgehobene Konsequenz der Postulate, nach welchen das Vorkommen der Strahlungsübergänge als durch Wahrscheinlichkeitsgesetze geregelt angesehen werden muß. Diese Abweichung hat manchen Physikern, Bohr selbst vielleicht am meisten, zu vielen Sorgen Anlaß gegeben;

⁵⁸⁾ Ebenda, S. 133–134. Die Betrachtungen, die Bohr dort entwickelt, lassen uns hoffen, daß die Quantensysteme eine besondere Vorliebe und Begabung dafür besitzen, mathematischen Komplikationen zu entschlüpfen. Möge doch Bohr auch hierin wieder Recht behalten: das gäbe eine Erlösung der Quantentheorie von der Hegemonie der Integrationsvirtuosität!

⁵⁸⁾ N. Bohr, „Grundpostul.“, S. 135.

¹⁾ Vgl. den Artikel von Professor v. Hevesy in diesem Hefte.

nicht so sehr deshalb, weil es sich um ein Verlassen einer früheren Theorie handelt, sondern vielmehr weil sowohl bei der Formulierung der Postulate sowie bei der auf ihnen fußenden Atomtheorie (man denke z. B. an die Anwendung der Mechanik und des Coulombschen Gesetzes bei der Erklärung des Wasserstoffspektrums) doch immer in ausgedehntem Maße von den Begriffen jener verlassenen Theorie Gebrauch gemacht wird. Wie im Anfang betont, ist bei den Betrachtungen, die *Rutherford* zu seinem Bilde des Atombaus führten, die Anwendbarkeit jener Theorie vorausgesetzt; ohne sie wäre es sogar nicht möglich, Elektronen und Atomkerne zu definieren. Und was die Annahmen des zweiten Postulats über die Strahlung betrifft, so läßt sich leicht zeigen, daß diese geradezu im Widerspruch stehen zu dem Bilde, das der Deutung der Reflexions-, Dispersions- und Beugungsphänomene zugrundeliegt, also eben derjenigen Phänomene, die bei der experimentellen Bestimmung der Frequenz der Spektrallinien herangezogen werden. Besonders viel Anstoß gibt in dieser Beziehung die quantitative Frequenzbedingung, nach der die Frequenz der ausgesandten Strahlung nur durch den ausgesandten Energiebetrag bestimmt wird, und nicht durch die Frequenzen der intraatomistischen Bewegungen, wie es, unabhängig von speziellen Theorien, nach den klassischen physikalischen Ideen über Ausstrahlung zu erwarten wäre.

In dieser Nacht von Schwierigkeiten und Unwissenheit ist nun das von *Bohr* 1917 aufgestellte Korrespondenzprinzip ein Leuchtpunkt; ein heuristischer Gesichtspunkt, dessen Konsequenzen sich in gewissem Umfang haben prüfen und bestätigen lassen, und der uns die Hoffnung vor Augen hält, daß wir die Quantentheorie einmal so zu gestalten und zu entwickeln vermögen, daß sie — dem grundsätzlichen Unterschied mit den klassischen Theorien zum Trotz — als eine rationelle Verallgemeinerung dieser Theorien erscheint. Damit ist nicht gemeint, daß das Korrespondenzprinzip etwa eine Brücke zwischen der Quantentheorie und der klassischen Theorie sei, denn eine Versöhnung zwischen beiden Theorien ist überhaupt nicht denkbar; das Korrespondenzprinzip besagt nur, daß in der Quantentheorie eine Korrespondenz zwischen intra-atomistischer Bewegung und ausgesandter Strahlung vorhanden ist, die eine weitgehende Analogie mit der in der klassischen Elektronentheorie auftretenden Korrespondenz zwischen der Bewegung elektrischer Teilchen und der von diesen ausgehenden Strahlung aufweist.

Geschichte und Formulierung des Korrespondenzprinzips.

Der Anfang des Korrespondenzprinzips ist schon in *Bohrs* erster Abhandlung über Atombau aus dem Jahre 1913 zu finden, in Verbindung mit der Anwendung der Postulate zur Deutung

des Wasserstoffspektrums, die ich hier als in ihren großen Zügen bekannt voraussetze. In dieser Abhandlung macht *Bohr* besonders aufmerksam auf den formalen Charakter der unmittelbaren Deutung, die auf Grundlage der Postulate von der durch die *Balmersche Formel*:

$$\nu = \frac{K}{n'^2} - \frac{K}{n''^2} \quad (2)$$

(n' und n'' ganze Zahlen) ausgedrückten Gesetzmäßigkeit des Wasserstoffspektrums gegeben werden kann. Es werden ja dem Wasserstoffatom eine Reihe von stationären Zuständen eben in solcher Weise zugeschrieben, daß ihre numerischen Energiewerte durch h dividiert, mit den Spektral-

termen $\frac{K}{n^2}$ des Wasserstoffspektrums zusammenfallen, und es war damals unsicher, wieviel Gewicht man dem Umstand beilegen dürfte, daß diese Energiewerte mit den anderen mechanischen Eigenschaften in der stationären Bahn in einer Weise verknüpft sind, die große Ähnlichkeit mit der ursprünglichen Planckschen Formel für die möglichen Energiewerte eines harmonischen Oszillators aufweist. Die wesentlichen Züge des *Rutherfordschen* Kernmodells spielten sozusagen noch gar keine Rolle. Nun macht *Bohr* aber darauf aufmerksam, daß im Gebiete großer Quantenzahlen die Umlauffrequenzen des Elektrons im Anfangs- und im Endzustand eines Übergangsprozesses nur wenig voneinander verschieden sind und daß deshalb eine Möglichkeit vorhanden ist, in diesem Gebiete der klassischen physikalischen Forderung des Zusammenfalls der Frequenzen der Bewegung mit denen der ausgesandten Wellenbewegung gerecht zu werden. Bezeichnen wir die Umlauffrequenz des Elektrons mit ω , so würde die klassische Strahlungstheorie die gleichzeitige Aussendung von Wellenzügen mit den Frequenzen $\omega, 2\omega, 3\omega, \dots$ verlangen, entsprechend der *Fourierauflösung* der Bewegung eines Elektrons in einer elliptischen Keplerbahn um einen Kern. *Bohr* zeigt, daß die Frequenz der bei einem Übergang $n' \rightarrow n''$ ausgesandten Strahlung nun asymptotisch mit $(n' - n'') \omega$ zusammenfallen wird, d. h. eben immer mit einer der klassisch zu erwartenden Frequenzen, wenn die bekannte Relation:

$$K = \frac{2\pi^2 e^2 m}{h^2} \cdot \frac{M}{M+m} \quad (3)$$

(e und m Ladung und Masse des Elektrons, M Kernmasse) erfüllt ist, und sieht in dieser Überlegung die starke Stütze für die theoretische Richtigkeit dieser empirisch bestätigten Formel.

Die durch *Sommerfelds* Erklärung der Feinstruktur der Wasserstofflinien eingeleitete Weiterentwicklung der Quantentheorie zeigte bekanntlich, daß es in vielen Fällen, wo man es mit einer verwickelteren Bewegung als im Wasserstoffatom zu tun hat, möglich ist, mittels systematischer Methoden die stationären Zustände des Atoms (oder Moleküls) aus der Mannigfaltig-

keit der mechanisch möglichen Bewegungszustände auszuwählen. Es handelt sich in solchen Fällen immer um Systeme, wo diese Bewegungszustände gewisse Periodizitätseigenschaften aufweisen, und zwar so, daß die Bewegung der Teilchen in diskrete harmonische Oszillationen aufgelöst werden kann, in analoger Weise wie bei der einfach periodischen Bewegung des Elektrons im Wasserstoffatom. Nur treten hier anstatt einer Grundfrequenz im allgemeinen mehrere Grundfrequenzen $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s$ auf, so daß die Frequenz einer harmonischen Komponente in der Form $\tau_1 \omega_1 + \tau_2 \omega_2 + \dots + \tau_s \omega_s$ geschrieben werden kann, wo $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_s$ ganze Zahlen sind, die sowohl positiv wie negativ oder null sein können. Zu den einfachsten Beispielen von mehrfach periodischen Bewegungen gehören die *Lissajous* Bewegungen, die Zentralbewegung, die Bewegung des starren Kreisel usw. (auch Planetenbahnen, die periodischen säkularen Störungen unterworfen sind, gehören hierzu). Es zeigte sich nun ganz allgemein, daß für ein System, wo die Zahl der Grundfrequenzen, der sogenannte Periodizitätsgrad, gleich s ist, die stationären Zustände durch s ganze Zahlen n_1, n_2, \dots, n_s festgelegt sind, die den Grundfrequenzen zugeordnet sind. Diese Zahlen nennt man Quantenzahlen; die Angabe ihrer Werte setzt uns prinzipiell instand, die Energie des betreffenden stationären Zustandes zu bestimmen, und somit auch — unter Benützung der Frequenzbedingung — die Frequenzen der Spektrallinien, die eventuell vom System ausgesandt werden können. *Bohr* zeigte nun, daß auch für ein solches verwickeltes System im Gebiete großer Quantenzahlen ein ähnliches Zusammenfallen auftritt, wie das oben beim Wasserstoffatom beschriebene. Es wird nämlich in diesem Gebiete die Frequenz der Strahlung, die bei einem Übergang von einem Zustande n_1', n_2', \dots, n_s' zu einem Zustande $n_1'', n_2'', \dots, n_s''$ ausgesandt wird, asymptotisch mit der Frequenz $(n_1' - n_1'') \omega_1 + (n_2' - n_2'') \omega_2 + \dots + (n_s' - n_s'') \omega_s$ zusammenfallen, die einer der harmonischen Komponenten in der Bewegung angehört, und deshalb auch einem der Wellenzüge, deren Aussendung nach der klassischen Strahlungstheorie zu erwarten wäre.

Bei dem besprochenen Zusammenfall von Frequenzen handelt es sich nun aber offenbar nicht um eine asymptotische Übereinstimmung des Mechanismus der Ausstrahlung in der Quantentheorie und in der klassischen Theorie, denn es wird noch immer angenommen, daß ein Atom während eines Übergangsprozesses nur eine bestimmte Frequenz ausstrahlt. Eben dieser Umstand war für *Bohr* Anlaß, in jenem Zusammenfallen die Andeutung eines allgemeinen Gesetzes zu erblicken, des *Korrespondenzprinzips*, das auch im Gebiete kleiner Quantenzahlen Geltung hat, und das er folgendermaßen formuliert: Das Auftreten eines von Strahlungsaussendung begleiteten Übergangs zwischen zwei stationären Zu-

ständen ist einer der harmonischen Oszillationen, in die die Bewegung der Teilchen (oder genauer: das elektrische Moment des Atoms) zerlegt werden kann, eindeutig zugeordnet. Diese Zuordnung fordert, daß die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Überganges von der Amplitude der korrespondierenden harmonischen Komponente abhängt, und zwar so, daß im Gebiete großer Quantenzahlen die Intensität der pro Zeiteinheit ausgesandten Strahlung im Mittel dieselbe sein wird als nach der klassischen Elektrodynamik zu erwarten wäre. Die Polarisation der ausgesandten Strahlung wird eine ähnliche Analogie mit der klassischen Elektrodynamik aufweisen. So wird, wenn die korrespondierende harmonische Oszillation in allen Zuständen des Atoms eine lineare Schwingung parallel oder eine kreisförmige Rotation senkrecht zu einer festen Geraden ist, die Strahlung dieselbe Beschaffenheit besitzen wie die, welche von einem Elektron ausgesandt wird, das eine Oszillation dieser Art ausführt²⁾.

Einige Anwendungen des Korrespondenzprinzips.

Die Dienste, die das Korrespondenzprinzip leistet, sind dreierlei. Erstens hat es in hohem Maße dazu beigetragen, die Quantentheorie der einfach und mehrfach periodischen Systeme (wir wollen sie mit *Bohr* kurz als „Periodizitätssysteme“ bezeichnen) durchsichtiger zu machen und zu festigen. Zweitens hat es für solche Systeme zu Aussagen über das Vorkommen von Strahlungsübergängen und über die Beschaffenheit und Intensität der ausgesandten Strahlung geleitet. Fragen, die früher von der Seite der Quantentheorie vollkommen unbeantwortet blieben. Drittens ist es unentbehrlich als heuristisches Hilfsmittel bei Untersuchungen über solche Probleme, wo die Quantentheorie der Periodizitätssysteme versagt. Diesen letzten Punkt näher zu beleuchten, besonders was die neue Boorsche Theorie der Atomstruktur und des periodischen Systems betrifft, ist der Zweck des folgenden Paragraphen. In diesem Paragraphen will ich kurz einige besonders wichtige Fragen, die zwei ersten Punkte betreffend, erwähnen.

Das Korrespondenzprinzip stellt den Zusammenhang zwischen der Mannigfaltigkeit der stationären Zustände und den Periodizitätseigenschaften der Bewegung in ein klares Licht. Vor allem sieht man einfach ein, wie die Zahl der die stationären Zustände beschreibenden Quantenzahlen der Anzahl der Grundfrequenzen gleich ist, die ausreicht, um die Frequenzen der harmonischen Komponenten der Bewegung zu beschreiben. Die mathematische Analyse der Theorie der Periodizitätssysteme zeigt, daß eine

²⁾ Es scheint am zweckmäßigsten, das so formulierte Korrespondenzprinzip geradezu als Postulat (oder Axiom) aufzufassen, ganz analog den zwei Bohrschen Grundpostulaten.

solche Anzahl auch gerade ausreicht, um die Energie in den stationären Zuständen eindeutig festzulegen. So ist z. B. für Systeme, deren Bewegung rein periodisch ist (Wasserstoffatom, Planckscher Oszillator, rotierende Hantel) eine Quantenzahl erforderlich. Der Periodizitätsgrad kann der Zahl f der Freiheitsgrade höchstens gleich sein. Ist er kleiner als diese Zahl ($s < f$), so nennt man das System entartet; ist er ihr gleich ($s = f$), so nennt man es nicht-entartet. Damit ein mechanisches System in aller Strenge ein Periodizitätssystem ist, ist das Vorhandensein von mindestens ebenso vielen eindeutigen die Zeit nicht enthaltenden Integralen der Bewegungsgleichungen („intégrales uniformes“ bei Poincaré) erforderlich, als es Freiheitsgrade gibt. Gibt es $f + f'$ eindeutige Integrale, so ist der Periodizitätsgrad $f - f'$. Im allgemeinen ist ein mechanisches System also kein Periodizitätssystem. Hier ist es aber wichtig zu erwähnen, daß es eine große Klasse von Systemen gibt, die bis zu einer gewissen Approximation immer als mehrfach periodisch angesehen werden können, unabhängig davon, ob sie es in aller Strenge sind oder nicht. Es sind dies die sogenannten „gestörten Periodizitätssysteme“, d. h. Periodizitätssysteme, wo die Teilchen noch einem zusätzlichen störenden Kraftfeld ausgesetzt sind, dessen Wirkung indessen klein ist verglichen mit der Wirkung der Kräfte im ungestörten System. Eben mit solchen Systemen hat man es in der Atomtheorie überaus oft zu tun. Die einfachsten Beispiele haben wir in einem Wasserstoffatom, das der Wirkung äußerer Kraftfelder ausgesetzt ist (Stärkeffekt und Zeemaneffekt der Wasserstofflinien). In diesem speziellen Falle begegnet man dem Umstande, daß, während der Periodizitätsgrad des ungestörten Systems gleich 1 ist, die Wirkung des äußeren Kraftfeldes die Bewegung des Elektrons im Atom so beeinflusst, daß eine oder zwei neue Grundfrequenzen (in den genannten Beispielen nur eine) in der Bewegung des Atoms auftritt, nämlich die Frequenz, mit der sich die Stellung im Raume und im allgemeinen auch die Gestalt der Keplerbahn des Elektrons ändert (die große Achse der Bahn, deren Länge in den stationären Bahnen des ungestörten Atoms festgelegt war, erfährt bei den Störungen keine Änderungen). Diese neue Frequenz ist klein verglichen mit der Umlauffrequenz in der Bahn selbst und ist im allgemeinen der Intensität des störenden Kraftfeldes proportional³⁾. Ihr Auftreten bedingt aber, wie aus dem Korrespondenzprinzip unmittelbar einleuchtet, das Auftreten einer neuen Quantenzahl bei der Festlegung der stationären Zustände, die zusammen mit der ursprünglichen Quantenzahl,

die für die stationären Zustände des ungestörten Atoms maßgebend war, die Energie des Atoms festlegt. Bezeichnet man die letztere Quantenzahl, die sogenannte Hauptquantenzahl, mit n , und die neue Quantenzahl, die Nebenquantenzahl, mit n_p , so wird die Energie des Atoms sich aus zwei Teilen zusammensetzen. Der erste ist identisch mit der Energie in den stationären Zuständen des ungestörten Atoms und hängt also nur von n ab; der zweite ist klein verglichen mit dem ersten und hängt außer von n auch wesentlich von n_p ab; er ist der Intensität des störenden Kraftfeldes proportional. Jeder Term des Wasserstoffspektrums erscheint also aufgespalten in eine Anzahl von wenig von einander verschiedenen Termen, den verschiedenen n_p -Werten entsprechend, und aus der Frequenzbedingung ergibt sich, daß jede Wasserstofflinie als eine Anzahl von Komponenten aufgespalten erscheint.

Zur näheren Festlegung der stationären Zustände in der Anwesenheit des störenden Feldes hat Bohr, in enger Anlehnung an das Korrespondenzprinzip, die Methode der sogenannten „Störungsquantelung“ ausgearbeitet, die gestattet, die hierher gehörigen Probleme, also auch den Stärkeffekt und den Zeemaneffekt, in einheitlicher und eleganter Weise zu behandeln. Diese Probleme waren schon früher behandelt von Epstein und von Schwarzschild, was den Stärkeffekt betrifft, und von Sommerfeld und von Debye, was den Zeemaneffekt betrifft, mittels der sogenannten Methode der Separation der Variablen, die in historischer Hinsicht eine große Rolle spielte und in mathematisch-technischer Hinsicht noch immer spielt.

Interessant ist, daß auch das Problem der Feinstruktur der Wasserstofflinien, die nach Sommerfeld durch die relativistische Abhängigkeit der Masse des Elektrons von seiner Geschwindigkeit eine natürliche Erklärung findet, nach der Methode der Störungsquantelung sich ungezwungen behandeln läßt. Die Abweichungen von der Newtonschen Mechanik, die durch die Massenveränderlichkeit des Elektrons bedingt sind, lassen sich ja einfach formal als von einem störenden zentralen Kraftfeld herrührend auffassen, dessen Wirkung bekanntlich darin besteht, daß die Elektronbahn unter Beibehaltung ihrer Gestalt eine regelmäßige langsame Präzession in der Bahnebene ausführt; die kinematische Bedeutung der Nebenquantenzahl n_p kommt in diesem Falle darauf hinaus, daß in den stationären Zuständen das Verhältnis zwischen der kleinen und der großen Achse der Bahn gleich n_p/n ist. Diese Auffassung hat physikalisch auch ihre tiefe Berechtigung, und zeigt vor allem, daß zur Erklärung des Wasserstoffspektrums, so wie es in der Balmerformel (2) uns entgegentritt, im Gegensatz zu einer vielfach in der Literatur verbreiteten Meinung wesentlich nur eine Quantenzahl, die Hauptquantenzahl, herangezogen werden soll. Es ist ganz richtig, daß zur Fest-

³⁾ Beispiel: In der Anwesenheit eines homogenen magnetischen Feldes vollführt die Bahnebene des Elektrons eine gleichmäßige langsame Präzession um eine Achse durch den Kern parallel der Feldrichtung (Larmorpräzession).

legung der stationären Zustände des vollkommen ungestörten Wasserstoffatoms auch eine Nebenquantenzahl, die einen kleinen Einfluß auf die Energie hat, herangezogen werden soll. Unter den in Entladungsröhren vorhandenen Bedingungen sind die Atome aber, wenn nicht besondere Vorsorgen getroffen sind, stets kleinen störenden Kraftwirkungen unterworfen (elektrische Felder), deren Einfluß auf die Bewegung des Elektrons oft von derselben Größenordnung ist wie die der Massenveränderlichkeit. Demzufolge wird hier die Weise, in der Stellung und Exzentrizität der Bahn sich ändern, beträchtlich von der eben beschriebenen abweichen, während die große Achse der Bahn nur geringe kurzperiodische Schwankungen erfährt. In einem solchen kleinen störenden Kraftfelde ist deshalb keine Rede mehr von einer Festlegung der Exzentrizität der Bahn, wie sie im ungestörten Atom gilt. Dagegen wird die Quantenbedingung, die die große Achse der Bahn festlegt, nicht wesentlich modifiziert. Das Wasserstoffspektrum im großen und ganzen wird also nicht beeinflusst; nur die Feinstruktur hat mehr oder weniger ihren Charakter verloren, und die Linien sind mehr oder weniger verwischt⁴⁾.

Das spezielle Problem z. B. des Einflusses eines homogenen elektrischen Kraftfeldes auf das Wasserstoffatom, im Falle, wo die elektrische Kraft so schwach ist, daß ihre Wirkung auf die Elektronbewegung von derselben Größenordnung wie die Massenveränderlichkeit ist (bei *Starks* Versuchen ist sie viel größer, und man kann, wie *Schwarzschild* und *Epstein* es taten, von der letzteren absehen), läßt sich vollkommen mittels der Bohrschen Methode der Störungsquantelung behandeln; es sind hier außer der Hauptquantenzahl zwei Nebenquantenzahlen erforderlich, dem Umstande entsprechend, daß die Bahnstörungen in diesem Falle von so verwickelter Art sind, daß zwei Grundfrequenzen in ihrer Beschreibung erforderlich sind.

Über die früheren Ergebnisse hinausgehend hat *Bohr* gezeigt, wie die Anwendung des Korrespondenzprinzips auf die Probleme der Feinstruktur, des Stark- und des Zeemaneffektes der Wasserstofflinien eine Fülle von Tatsachen zu

⁴⁾ Eng damit hängt zusammen, daß die Theorie des Wasserstoffspektrums in der Form, in der *Bohr* sie 1913 veröffentlichte, sich gar nicht, wie es oft dargestellt wird, auf die ausschließliche Betrachtung von Kreisbahnen beschränkte. Die Bahnen waren dort schon im allgemeinen elliptisch angesetzt, und in den stationären Zuständen war nur die Länge ihrer großen Achse, nicht aber die Exzentrizität festzulegen. Die Bedingung, daß in den stationären Bahnen der Drehimpuls des Elektrons einem Vielfachen von $\hbar/2\pi$ gleichzusetzen sei, gilt, wie *Bohr* ausdrücklich bemerkte, nur für Kreisbahnen. Daß übrigens Kreisbahnen in den älteren Bohrschen Abhandlungen eine so große Rolle spielten, hatte seinen Grund darin, daß *Bohr* eine Theorie aufzubauen versuchte, worin in Atomen mit mehreren Elektronen diese sich in kreisförmigen Ringen bewegen. Hier schien die Kreisform der Bahnen vorgeschrieben, u. a. weil sonst die Bahn des einen Elektrons in das Bahngelände anderer Elektronen übergreifen konnte.

erklären imstande ist. Erstens ermöglicht es, unter den denkbar möglichen Übergängen zwischen stationären Zuständen diejenigen herauszugreifen („Auswahlprinzip“), die wirklich unter Aussendung von Strahlung spontan verlaufen können, und auf Grund einer Betrachtung über die Beschaffenheit der korrespondierenden Schwingung in der Bewegung eindeutig auf die Polarisations-eigenschaften der in verschiedener Richtung beobachteten Strahlung zu schließen. Ein Teil der so erhaltenen Resultate läßt sich auch aus Betrachtungen über die Erhaltung des Drehimpulses während eines Übergangsprozesses erzielen, wie diese 1918 unabhängig von *Bohr* und von *Rubinowicz* angestellt wurden. Zweitens mußte man erwarten, daß es durch eine Berechnung der Amplituden der korrespondierenden Schwingungen möglich sein sollte, jedenfalls abschätzungsweise etwas über die Intensität auszusagen, womit die verschiedenen Komponenten der Wasserstofflinien in den erwähnten Phänomenen erscheinen. Dieser Punkt wurde vom Verfasser näher in seiner Dissertation untersucht, und die Erwartung erwies sich als vollauf bestätigt. Besonders beim Starkeffekt der Wasserstofflinien, wo *Starks* Messungen eine sehr charakteristische Intensitätsverteilung über die verschiedenen Aufspaltungskomponenten ergeben hatten, gab die theoretische Abschätzung in überzeugender Weise Rechenschaft von den beobachteten Intensitäten. Die Rechnungen haben so gelehrt, daß sich die Bewegung im Atom bis in Einzelheiten im ausgesandten Spektrum abspiegelt, wenn auch diese Abspiegelung in vielen Fällen nicht ganz von derselben einfachen Art ist, wie die klassische Elektronentheorie sie verlangen würde. Sie ist aber, wie *Bohr* es ausdrückt, so genau als es mit den Postulaten vereinbar ist.

Das Korrespondenzprinzip und der Aufbau des Atoms.

Bisher habe ich nur solche spezielle Anwendungen des Korrespondenzprinzips besprochen, die sich auf das Wasserstoffatom bezogen, wo nur ein einziges Elektron vorhanden ist. Bei der quantentheoretischen Behandlung von Atomen mit mehreren Elektronen stößt man aber sofort auf grundsätzliche Schwierigkeiten, deren Lösung vorläufig nur teilweise gelungen ist. Dies rührt vor allem daher, daß, wie sich in verschiedener Weise herausgestellt hat, die Wechselwirkung der Elektronen im Atom nicht in allen Einzelheiten mit Hilfe der mechanischen Gesetze beschrieben werden kann, und daß die Theorie der Periodizitätssysteme, bei der die Anwendbarkeit der Mechanik vorausgesetzt ist, versagt. Es scheint, als ob, grob ausgedrückt, die Bewegung jedes einzelnen Elektrons nur insoweit den mechanischen Gesetzen unterliegt, als es wie ein Elektron betrachtet werden kann, das sich in einem festen Kraftfeld bewegt, so ungefähr, wie es bei den Anwendungen der Quantentheorie auf das Wasserstoffspektrum

der Fall war. Ein Versagen der Mechanik kann uns im allgemeinen natürlich nicht wundernehmen; im ersten Postulat treten die unmechanischen Züge des Atombaus schon in charakteristischer Weise zutage. So pflegt Bohr vor allem mit großem Nachdruck den Widerspruch mit der Mechanik hervorzuheben, der sich in den Versuchen von Franck und Hertz über den Zusammenstoß von bewegten freien Elektronen mit Atomen kundgibt. Überhaupt bildet die genaue Untersuchung der Begrenzung des Anwendungsgebietes der Mechanik innerhalb der Quantentheorie, bei der u. a. das Ehrenfestsche Adiabatenprinzip eine so wichtige Rolle spielt, eine sehr wichtige Aufgabe, mit der Bohr selbst sich außerordentlich viel beschäftigt hat.

Trotzdem hat, wie es vielen Lesern wohl bekannt sein wird, die Theorie auch bei Atomen mit mehreren Elektronen viele Tatsachen aufklären können; ihre Fruchtbarkeit hat sich vor allem gezeigt bei der Erklärung der wichtigsten Züge des Baues der Serienspektren und sodann bei der ungezwungenen Deutung, die Bohr vor ungefähr zwei Jahren von dem natürlichen System der Elemente gegeben hat, an die sich die Deutung der charakteristischen Röntgenspektren so nahe anschließt.

Was erstens die Serienspektren der Elemente betrifft, so hatte Bohr schon 1913 aus den allgemeinen Rydbergschen Gesetzen für diese Spektren folgern können, daß ihre Linien Übergängen zwischen stationären Zuständen entsprechen, bei denen die Bahn eines äußeren Elektrons, das jedenfalls im größten Teil seiner Bahn viel weiter vom Kerne entfernt ist als die übrigen, inneren Elektronen, endliche Änderungen erleidet, während die Bewegung des inneren Elektronensystems sich nicht ändert. Sommerfeld zeigte dann, daß es möglich war, von der Struktur der Serienspektren Rechenschaft abzulegen, indem man die Bewegung des äußeren Elektrons, des „Serienelektrons“, mit der Bewegung eines Elektrons in einem zentralen Kraftfeld vergleicht. Bei einer solchen Bewegung sind die stationären Zustände, in ähnlicher Weise wie in der Theorie der Feinstruktur durch zwei Quantenzahlen, eine Hauptquantenzahl n und eine Nebenquantenzahl k (oben mit n_p bezeichnet), festgelegt, und es war möglich, die Serien von empirischen Spektraltermen in eindeutiger Weise den verschiedenen Werten der Quantenzahl k zuzuordnen. Die Festlegung der Absolutwerte der Hauptquantenzahl innerhalb jeder Termserie stieß vorläufig jedoch auf gewisse Schwierigkeiten, die sich später als tief mit dem eigentlichen Wesen der Atomstruktur verknüpft erwiesen. Das Korrespondenzprinzip war nun imstande, eine überzeugende Stütze für die Richtigkeit der Sommerfeldschen Auffassung der Bewegung des Serienelektrons herbeizubringen. Erstens forderte es eine gewisse Begrenzung in den Übergangsmöglichkeiten zwi-

schen stationären Zuständen, die darauf hinausläuft, daß nur solche Kombinationen zwischen zwei Spektraltermen im Spektrum auftreten können, für die die k -Werte um eins verschieden sind, weil für alle anderen Kombinationen keine korrespondierende Schwingung in der Bewegung des Serienelektrons auftritt. Diese Forderung ist in voller Übereinstimmung mit den allgemeinen Erfahrungen über die Serienspektren. Zweitens war das Prinzip imstande, vorauszusagen, daß solche verbotene Kombinationen auftreten können, sobald das Atom einem elektrischen Felde ausgesetzt ist. Wie Bohr zeigte, wird das elektrische Feld nämlich solche Störungen in der Bewegung des Serienelektrons hervorrufen, daß harmonische Schwingungskomponenten in ihr auftreten mit Frequenzen, die früher nicht auftraten. Nach dem Korrespondenzprinzip besagt das aber nichts anderes, als daß unter dem Einfluß des Feldes jetzt auch die korrespondierenden Übergänge auftreten müssen. Daß das Korrespondenzprinzip auch Licht wirft auf die sogenannte Komplexstruktur, die die Linien vieler Serienspektren aufweisen (Dubletts, Tripletts usw.), sei hier nur nebenbei erwähnt. Man stößt bei diesem Problem, zu dessen erfolgreicher Behandlung mehrere Verfasser (Sommerfeld, Landé; vgl. besonders Bohrs Artikel im Kaiser-Jubiläumsheft in den Annalen der Physik dieses Jahres) beigetragen haben, auf Schwierigkeiten, wo die Theorie der Periodizitätssysteme in bedeutendem Umfange versagt und wo das Korrespondenzprinzip eine unentbehrliche Richtschnur ist.

Dem allgemeinen Problem des Atombaus ist Bohr nun näher gekommen, indem er sich einen Prozeß denkt, wo ein neutrales Atom gebildet wird durch sukzessive Einfangung und Bindung von Elektronen durch den positiven Atomkern unter Aussendung von elektromagnetischer Strahlung. Ein solcher Prozeß wird in der Natur unter geeigneten Umständen wirklich auftreten können. Er zeigt eine allgemeine Ähnlichkeit mit dem, was nach der klassischen Elektronentheorie geschieht, wenn Elektronen nacheinander im Feld einer positiven Punktladung eingefangen werden, und wurde schon in Bohrs ältesten Arbeiten mit Vorliebe ins Auge gefaßt und näher untersucht⁵⁾. Beim Einfangen des ersten Elektrons durch den Kern wird ein wasserstoffähnliches Spektrum ausgesandt mit dem Endresultat, daß das Elektron sich in einer einquantigen Bahn bewegt. Beim Wasserstoffatom ist damit die Bildung des neutralen Atoms zu Ende gebracht. Bei den anderen Atomen tut die Einfangung eines jeden folgenden Elektrons sich in der Aussendung eines Serienspektrums kund und ist jedesmal zu Ende gebracht, wenn das Serienelektron im

⁵⁾ Man vergleiche die heuristische und in gewisser Hinsicht jetzt veraltete Betrachtungsweise im allerersten Anfang seiner Arbeit von 1913, die ihn sofort auf die diskrete Mannigfaltigkeit der stationären Zustände des Wasserstoffatoms führte.

Normalzustand gelangt ist⁶⁾. In den optischen Serienbogenspektren sind wir Zeugen von dem letzten Abschnitt der Bildung des neutralen Atoms, wo von einem Kern mit der Kernladungszahl N schon $N-1$ Elektronen eingefangen sind, und nun noch das letzte Elektron gebunden wird. In den sogenannten Funkspektren sehen wir dagegen den vorletzten Abschnitt der Bildung des neutralen Atoms, wo nur $N-2$ Elektronen eingefangen waren und jetzt das $(N-1)$ te Elektron an den Kern gebunden wird. Obgleich wir im allgemeinen bei keinem Atom mehr als die zwei letztgenannten Arten von Spektren kennen, darf man doch annehmen, daß bei allen Bindungsprozessen der erwähnten Art das äußere Elektron sich in einer Bahn bewegt, die einer Bahn in einem Zentralfelde sehr ähnlich ist, und die in den stationären Zuständen, die die verschiedenen Stufen der Bindung bezeichnen, in der oben erwähnten Weise in erster Linie durch eine Hauptquantenzahl n und eine Nebenquantenzahl k gekennzeichnet ist. Dies gilt auch für den Normalzustand, und so kommen wir zu der Auffassung, daß in dem schließlich fertig gebildeten Atom jedes der Elektronen, der allgemeinen Symmetrie des Kernatoms zufolge, sich in erster Näherung in einer durch zwei Quantenzahlen n und k gekennzeichneten Zentralbahn bewegt. Richten wir nur die Aufmerksamkeit auf die Hauptquantenzahl n , so sprechen wir von einer n -quantigen Bahn; wünschen wir sowohl den Wert von n wie den von k anzugeben, so sprechen wir kurz von einer n_k -Bahn.

Wir betrachten jetzt sogleich das allgemeine Bild des Baues des neutralen Atoms, das von Bohr vorgeschlagen wird und von dem eine schematische Darstellung in der Tabelle auf Seite 571 zu finden ist, und dem die rot-schwarz gedruckte Tafel als elementare Illustration dient⁷⁾. Die Elektronenbahnen im neutralen Atom verteilen sich auf Gruppen, die, vom Mittelpunkt nach der Oberfläche des Atoms gerechnet, sich nach steigender Hauptquantenzahl anordnen. Die Elektronen jeder Gruppe sind auf Untergruppen verteilt, den verschiedenen Werten der Nebenquantenzahl entsprechend.

Die Figuren sind mit freundlicher Zustimmung des Verlages einem neulich erschienenen dänischen populären Buche über die Bohrsche Theorie entnommen⁸⁾ und bilden die Reproduktion eines Auszugs von einigen an anderer Stelle nicht publizierten farbigen Tafeln, die Bohr zum

Gebrauch bei seinen Vorlesungen hat herstellen lassen. Elektronenbahnen mit ungerader Hauptquantenzahl sind schwarz, solche mit gerader Hauptquantenzahl rot gedruckt. Im allgemeinen ist von jedem Elektron eine Bahnschlinge gezeichnet; die tatsächliche Bewegung setzt sich, außer bei den Kreisbahnen natürlich, aus einer unendlichen Folge solcher Schlingen zusammen, wobei jede Schlinge, verglichen mit der vorhergehenden, um einen bestimmten, oft recht großen Winkel gedreht ist. In den vielen Fällen, wo das betreffende Elektron in das innere Gebiet hineintaucht, ist der innere Teil der Bahnschlinge der Deutlichkeit wegen nicht gezeichnet. Wo es sich um Untergruppen von zirkularen Bahnen im Innern des Atoms handelt, ist oft nur ein einziger Kreis gezeichnet. Obgleich versucht ist, die Bahndimensionen einigermaßen richtig darzustellen, ist das Ganze doch nur als eine grobe Illustration zu betrachten. So ist, mit Ausnahme von Fällen, wo es sich um Kreisbahnen handelt, kein Versuch gemacht worden, die verschiedenen Stellungen der Bahnebenen im Raume, über die theoretisch übrigens noch nicht viel bekannt ist, näher anzugeben, sondern die Bahnschlingen sind in der Zeichnungsebene in übersichtlicher symmetrischer Weise angeordnet.

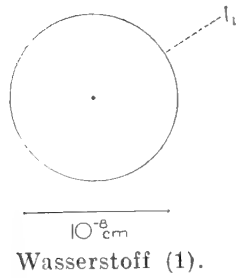
Der Gedanke, daß die Elektronen im Atom in Gruppen angeordnet sind, wurde ursprünglich von J. J. Thomson ausgesprochen, in Anlehnung an Betrachtungen über den periodischen Wechsel der Eigenschaften der Elemente im natürlichen System. Derselbe Gedanke wurde in den Arbeiten von Kossel (1916) und anderen in naher Verbindung mit den chemischen Tatsachen, besonders denjenigen, welche die Valenz betreffen, ausgearbeitet, ohne daß jedoch die spezifischen Eigenschaften des Kernatoms wesentlich herangezogen wurden. Thomson dachte sich immer ebene Ringkonfigurationen, und ein solches Bild versuchte bekanntlich Bohr schon im Jahre 1913 an der Hand der Quantentheorie für das Rutherford'sche Atommodell durchzuführen. Nach Analogie mit dem Normalzustand des Wasserstoffatoms wurde dabei immer angenommen, daß im Normalzustand alle Elektronen in einquantigen zirkularen Bahnen kreisen. Obgleich spätere Forscher den Gedanken einführten, im Normalzustand sollen auch höherquantige Elektronenbahnen auftreten, ein Gedanke, der besonders sowohl durch Moseleys wie Sommerfelds und Kossels wichtige Untersuchungen über die Röntgenspektren nahegelegt wurde, enthielt er für Bohr anfänglich bedeutende Schwierigkeiten. Man drückte sich etwa so aus, im normalen Atom seien die verschiedenen „Bohrschen Kreisbahnen“ vollständig besetzt; aber es war, im Lichte der Theorie des Wasserstoffspektrums, schwierig einzusehen, weshalb z. B. ein Elektron in einer zweiquantigen Bahn nicht in eine einquantige Bahn übergehen sollte. Unabhängig von der Frage nach den Quantenzahlen bringt das Bild der

⁶⁾ Dies ist natürlich nicht so zu verstehen, daß bei dem Bindungsprozeß in einem einzigen Atom Wellenzüge mit allen Frequenzen, die dem bezüglichen Spektrum angehören, ausgesandt werden. Das gilt nur, wenn wir viele Atome betrachten; der Bindungsprozeß wird in den verschiedenen Atomen verschieden verlaufen, aber — im allgemeinen jedenfalls — das Endresultat, der Normalzustand, wird dasselbe sein.

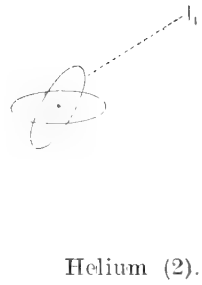
⁷⁾ Es sei hierbei besonders empfohlen, die Ausführungen in Costers Artikel nachzulesen.

⁸⁾ Helge Holst og H. A. Kramers, Bohrs Atomteori, Gyldendals Forlag, København 1922.

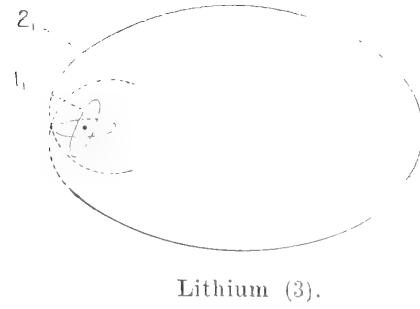
Hauptzüge des Atombaues bei einigen Elementen.



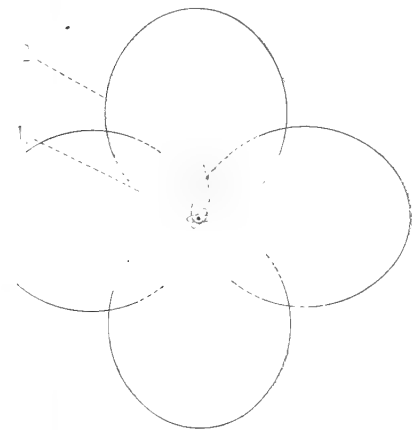
Wasserstoff (1).



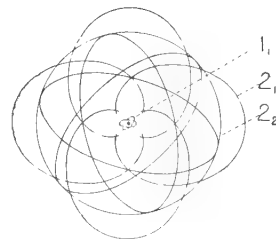
Helium (2).



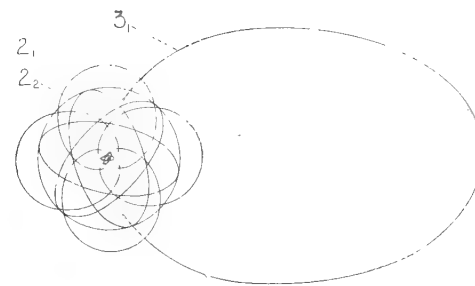
Lithium (3).



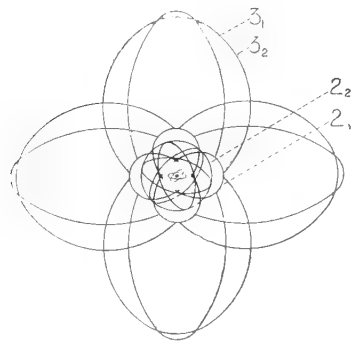
Kohlenstoff (6).



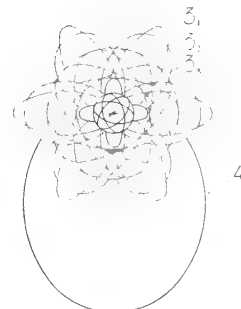
Neon (10).



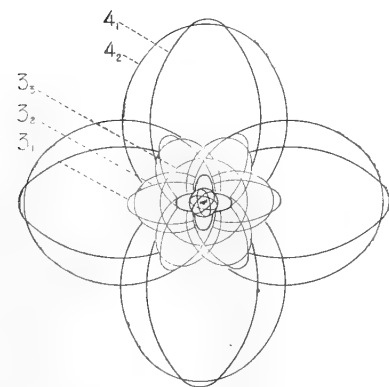
Natrium (11).



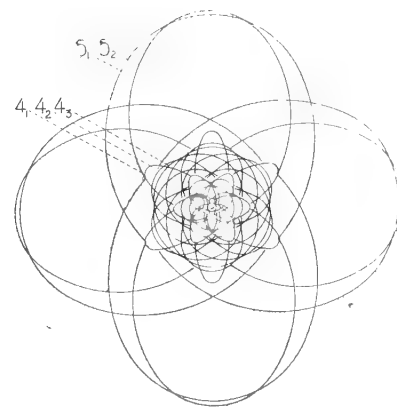
Argon (18).



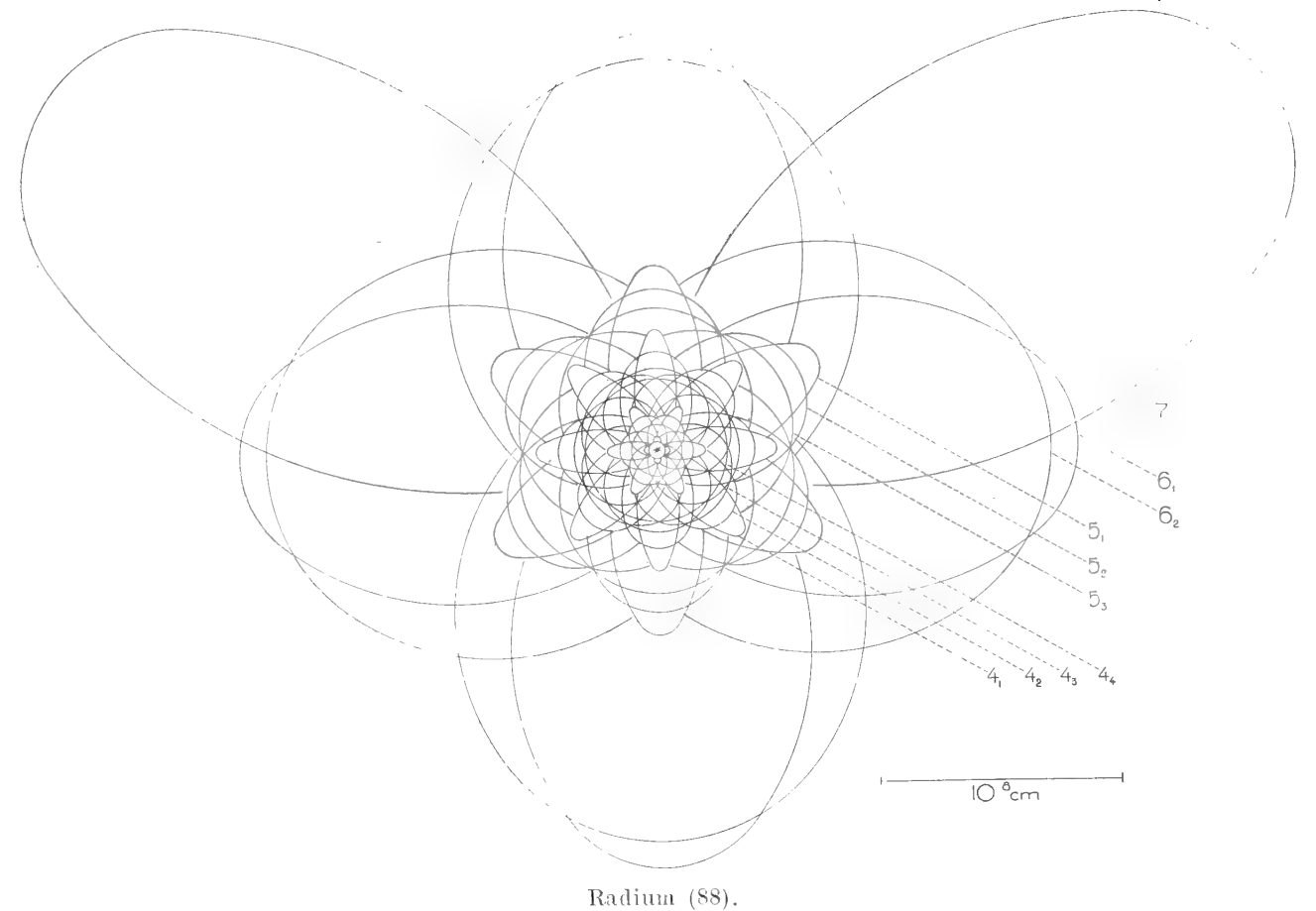
Kupfer (29).



Krypton (36).



Xenon (54).



Radium (88).

Die Abbildungen sind an der Hand der Tabelle 2 in *Costers* Artikel zu betrachten. Elektronenbahnen mit ungerader Hauptquantenzahl sind schwarz, solche mit gerader Hauptquantenzahl rot gedruckt. Im allgemeinen ist von jedem Elektron eine Bahnschlinge gezeichnet; die tatsächliche Bewegung setzt sich, außer bei den Kreisbahnen natürlich, aus einer unendlichen Folge solcher Schlingen zusammen, wobei jede Schlinge, verglichen mit der vorhergehenden, um einen bestimmten, oft recht großen Winkel gedreht ist. In den vielen Fällen, wo das betreffende Elektron in das innere Gebiet hineintaucht, ist der innere Teil der Bahnschlinge der Deutlichkeit wegen nicht gezeichnet. Wo es sich um Untergruppen von zirkularen Bahnen im Innern des Atoms handelt, ist oft nur ein einziger Kreis gezeichnet. Obgleich versucht ist, die Bahndimensionen einigermaßen richtig darzustellen, ist das Ganze doch nur als eine grobe Illustration zu betrachten. So ist, mit Ausnahme von Fällen, wo es sich um Kreisbahnen handelt, kein Versuch gemacht worden, die verschiedenen Stellungen der Bahnebenen im Raume, über die theoretisch übrigens noch nicht viel bekannt ist, näher anzugeben, sondern die Bahnschlingen sind in der Zeichnungsebene in übersichtlicher symmetrischer Weise angeordnet. — Die Abbildungen sind mit freundlicher Zustimmung des Verlages einem neulich erschienenen dänischen populären Buche über die Bohrsche Theorie entnommen (*Helge, Holst* und *H. A. Kramers*, Bohrs Atomteori, Gyldendals Forlag, København 1922) und bilden die Reproduktion eines Auszugs von einigen an anderer Stelle nicht publizierten farbigen Tafeln, die *Bohr* zum Gebrauch bei seinen Vorlesungen hat herstellen lassen.

Gruppeneinteilung der Elektronen im Atom vom Standpunkte der Quantentheorie schon Schwierigkeiten mit sich. Weshalb kann z. B. für jede Gruppe eine bestimmte „Besetzungszahl“, über deren Größe übrigens große Uneinigkeit herrschte, nicht überschritten werden? Diese Stabilität, diese Neigung zur Abgeschlossenheit der Gruppen, war nicht nur für das Verständnis der chemischen Valenzen die grundlegende Voraussetzung, sondern, wie es aus *Kossels* Erklärung des Auftretens der Röntgenspektren folgt, tut sie sich auch in bedeutsamer Weise bei den Absorptionsverhältnissen der Röntgenspektren kund. Gerade auf diese so wichtige Frage der Stabilität der Gruppen, die offenbar nahe mit ihrer Bildung zusammenhängen muß, hat *Bohr* bei seinen neuen Untersuchungen seine Aufmerksamkeit gerichtet, und wir werden zu zeigen versuchen, wie ihm die Idee des Korrespondenzprinzips, die in seinen älteren Arbeiten noch nicht vorhanden war, dabei in hohem Maße zu Hilfe kam.

Die Weise, in der sich die Gruppenbildung beim geschilderten Aufbauprozeß des Atoms vollzieht, muß man sich nach *Bohr* folgendermaßen vorstellen. Das zuerst eingefangene Elektron wird vom Kerne schließlich in einer zirkularen 1_1 -Bahn gebunden. (Vgl. „Wasserstoff“ auf Tafel 1.) Das zweite eingefangene Elektron wird auch im Normalzustand in einer zirkularen 1_1 -Bahn gebunden, wie es im Falle des Heliums direkt aus dem Spektrum gefolgert werden kann. Man muß annehmen, daß die beiden Elektronen sich vollkommen gleichwertig verhalten und in harmonischem Wechselspiel miteinander stehen. Die Bahnen verlaufen nicht in derselben Ebene, sondern bilden einen Winkel miteinander (vgl. „Helium“ auf Tafel 1). Das dritte Elektron wird nun aber im Normalzustand in einer präzessierenden Zentralbahn des Typus 2_1 gebunden, wie wir beim Lithium sofort aus den Beobachtungen ablesen können (vgl. „Lithium“ auf Tafel 1). Dieser Umstand zeigt, daß eine Gruppe von zwei einquantigen Elektronen „abgeschlossen“ ist und keine weiteren Elektronenbahnen von derselben Quantenzahl in sich aufnehmen kann. Wie soll man aber verstehen, daß das dritte Elektron beim Lithium nicht spontan in eine 1_1 -Bahn übergehen kann? Es ließe sich doch a priori sehr wohl ein Wechselspiel von drei Elektronen in einquantigen Bahnen um einen positiven Kern herum denken, ein Wechselspiel, bei dem, wie es besonders für höhere Atomnummern nahe liegt anzunehmen, die Elektronen als gleichwertig miteinander auftreten müßten. In dem Ausgeschlossensein eines Übergangs der erwähnten Art sieht *Bohr* nun aber eine Wirkung von Gesetzen von derselben Art wie diejenigen, die im Korrespondenzprinzip zum Ausdruck kommen. Hier war auch oft die Rede von einem Übergang, der zwar denkbar war, der aber nicht spontan auftreten konnte, weil in der Bewegung keine

korrespondierende Schwingungskomponente anwesend war. Ähnliches gilt vom gedachten Übergang des dritten Elektrons von einer 2_1 -Bahn nach einer 1_1 -Bahn, wo anzunehmen wäre, daß die Art der Bewegung in den Zwischenzuständen zwischen zwei solchen Bahnen so verwickelt und abweichend von dem Zentralbahncharakter wäre, daß ein Vergleich mit den Bewegungszuständen eines Periodizitätssystems nicht möglich ist. Es ist vorläufig nicht gelungen, diese Art von Betrachtung, die Abschließung einer Gruppe betreffend, wesentlich zu vertiefen, vor allem wird die Sache erschwert durch das Versagen der klassischen mechanischen Gesetze zur Beschreibung der Bewegung. Es sei in dieser Verbindung noch noch darauf aufmerksam gemacht, daß eine korrespondenzähnliche Betrachtung wie die obige vorläufig nur aussagt, daß eine Gruppe von drei 1_1 -Bahnen nicht spontan unter Aussendung von Strahlung gebildet werden kann, daß aber in Wirklichkeit, mit größter Wahrscheinlichkeit jedenfalls, eine solche Gruppe auch niemals mittels äußerer Einwirkungen erreicht werden kann (Stöße zweiter Art z. B.). Man muß aber hoffen, daß ein genaueres Studium der Serienspektren uns über dergleichen Punkte mehr lehren wird.

Das vierte Elektron wird, ebenso wie das dritte, in einer 2_1 -Bahn gebunden, das fünfte, aller Wahrscheinlichkeit nach⁹⁾, in einer 2_2 -Bahn. Wie es weiter geht, ist nicht mit Sicherheit bekannt. In Tafel 1 sind für das normale Kohlenstoffatom außer zwei 1_1 -Bahnen noch vier 2_1 -Bahnen gezeichnet; es ist jedoch ungewiß, ob dies der Wirklichkeit entspricht. Bei Neon scheint man aber annehmen zu dürfen, daß die Zweiquantengruppe eine abgeschlossene stabile Form erreicht hat, die aus vier 2_1 -Bahnen und vier 2_2 -Bahnen besteht. Die Theorie vermag auch nicht die Anzahl der Elektronen in dieser abgeschlossenen zweiquantigen Gruppe vorauszusagen, ebenso wenig wie bei den abgeschlossenen Gruppen von höherer Quantenzahl; es liegt aber nahe, Symmetriebetrachtungen anzustellen, besonders wenn man sieht, wie einfach die Verhältnisse liegen. Eine abgeschlossene Elektronengruppe mit nur einer Untergruppe ($k=1$) hat ja zwei Elektronen, eine Gruppe mit zwei Untergruppen ($k=1, k=2$) vier in jeder Untergruppe, eine Gruppe mit drei Untergruppen ($k=1, k=2, k=3$) sechs in jeder, und endlich eine Gruppe mit vier Untergruppen ($k=1, k=2, k=3, k=4$) acht in jeder. Daß die Symmetrie der Gruppen und der Untergruppen prinzipiell mit der Symmetrie der regelmäßigen Polyeder zusammenhängen sollte, ist ziemlich unwahrscheinlich.

Wir kehren jetzt zu der abgeschlossenen Konfiguration zurück, die entstanden ist, wenn das

⁹⁾ Das Bogenspektrum des Bors ist nicht genügend bekannt. Mit einiger Sicherheit darf man diesen Schluß aus den Spektren der Elemente Al, In usw. ziehen. Es ist übrigens nicht ausgeschlossen, daß die Verhältnisse beim fünften Elektron verschieden sind für die leichtesten und für die schwereren Elemente.

zehnte Elektron vom Kerne eingefangen ist (Neonkonfiguration), und von der man annehmen darf, daß sie sich in ähnlicher Weise ausbildet bei allen Atomen, die nach Fluor kommen. Erstens ist hier zu bemerken, daß die vier Elektronen in 2₁-Bahnen abwechselnd in das Gebiet der zwei 1₁-Bahnen eindringen werden, wie es sofort aus einer näheren Betrachtung der kinematischen Eigenschaften der Bahn, die nach der Quantentheorie der Zentralbewegungen durch die Quantenzahlen n und k gekennzeichnet sind, hervorgeht. Im Gegensatz zu älteren Vorstellungen der Elektronengruppen, wo diese als ineinander einhüllende Schalen eingebettet angesehen wurden, und wo man alle Elektronen als gleichwertig annahm, ist also die zweiquantige Gruppe sozusagen an der einquantigen Gruppe verankert. Dieser Umstand ist eine unmittelbare Folge des Aufbauprinzips und für die Stabilität der Gruppe von grundlegender Bedeutung. Dies zeigt sich besonders deutlich, wenn wir danach fragen, was geschieht, wenn das eine der einquantigen Elektronen durch Bestrahlung oder mittels Elektronenstoß aus dem Atom entfernt wird. Die Umstände, die früher die Elektronen in einer 2₁- oder 2₂-Bahn verhinderten, in eine einquantige Bahn überzugehen, sind damit weggefallen, und eines der zweiquantigen Elektronen wird, gemahnt durch die in seiner Bewegung vorhandene korrespondierende Schwingung, die Gelegenheit ergreifen, einen solchen Übergang auszuführen und die Einquantengruppe wieder zu vervollständigen. Unter Ausstrahlung einer Linie, die dem *charakteristischen Röntgenspektrum* angehört, ist so ein *Reorganisationsprozeß* des normalen Atoms eingeleitet.

Was den weiteren Aufbau von Atomen mit höherer Atomnummer betrifft, können wir uns kurz fassen, da *Coster* sich besonders damit in seinem Artikel in diesem Hefte beschäftigt, und weil die Betrachtungen die Stabilität der Gruppen betreffend wesentlich dieselben sind, wie bei den innersten Gruppen des Systems. Nur auf einige Züge von großer Wichtigkeit wollen wir hier noch aufmerksam machen. Das 11. Elektron wird in einer 3₁-Bahn gebunden, auf Grund der Abgeschlossenheit der Neonkonfiguration. Ist die Kernladungszahl sehr groß, dann ist die Bahn dieses Elektrons nicht sehr verschieden von einer 3₁-Bahn in einem Atom derselben Kernladungszahl, das nur ein Elektron enthält, weil die Ladung der zehn früher gebundenen Elektronen auf die ganze Kernladung nicht viel ausmacht. Beim Natrium aber und den direkt darauf folgenden Elementen ist die Sachlage eine ganz andere (vgl. „Natrium“ auf Tafel 1). Das Elektron dringt *tief ins Atom hinein* und ist hier einer außerordentlich viel größeren Kraft unterworfen als an den Stellen, wo das Elektron sich ganz außerhalb des Gebietes der inneren Elektronen befindet. Ähnliches gilt für die Bindung des 19. Elektrons in einer 4₁-Bahn bei Kalium

und Calcium, für die Bindung des 37. Elektrons in einer 5₁-Bahn bei Rubidium und Strontium, für die Bindung des 55. Elektrons in einer 6₁-Bahn bei Cäsium und Barium, und für die Bindung des 87. Elektrons in einer 7₁-Bahn bei Radium (vgl. die Tabelle auf S. 571 und „Radium“ auf Tafel 1). *Bohr* macht nun darauf aufmerksam, wie das Eindringen in das intensive Kraftfeld im Inneren des Atoms von ausschlaggebender Bedeutung für die Dimensionen der betreffenden Bahnschlingen ist. Während nämlich beim Wasserstoffatom die Bahndimensionen mit der zweiten Potenz der Hauptquantenzahl ansteigen, finden wir hier, daß das Ansteigen der Hauptquantenzahl in dem Normalzustand des Serielektrons bei den Alkalien, das ja durch den dynamischen Gruppenaufbau des Atominnern bedingt war, so gut wie keinen Einfluß auf die Dimensionen der Bahnschlinge hat, die bei allen Alkalien ungefähr dieselbe ist. Die Ursache dafür liegt ja eben in der Bedeutung der Quantenzahlen n und k , die ja auch für den Charakter jenes Aufbaus maßgebend ist. Es ist wichtig, hervorzuheben, daß man durch solche Überlegungen ein allgemeines Verständnis dafür erhält, daß das *Ansteigen der Hauptquantenzahl* des zuletzt gebundenen Elektrons im Atom gerade eine *Periodizität* in den Eigenschaften der Elemente im natürlichen System mit sich bringt.

Ein anderer Punkt betrifft die *Ausbildung innerer Gruppen* im Atom. Mit diesem Ausdruck meint man, daß man beim Fortschreiten in der Reihe von neutralen Atomen Elementengruppen begegnet, wo in der Ausbildung der Elektronengruppe mit der höchsten vorhandenen Quantenzahl ein vorübergehender Stillstand auftritt, während die Zahl der Elektronen in einer Gruppe mit kleinerer Hauptquantenzahl anwächst. Beispiele trifft man in der Elementenfamilie von Scandium bis Kupfer (Eisenfamilie), und in den seltenen Erden. Die Annahme, daß es sich bei solchen Familien um eine Ausbildung einer inneren Elektronengruppe handelt, findet sich schon in *Bohrs* alten Arbeiten von 1913 (Abh. über Atombau, S. 46–47) und ist später u. a. von *Ladenburg* untersucht worden. Ihre natürliche Deutung auf Grundlage der Quantentheorie ist bekanntlich einer der schönsten Triumphe *Bohrs*.

Nach *Bohrs* Anschauung hat man bei der Bindung des 18. Elektrons durch einen Kern eine abgeschlossene Konfiguration erreicht, wobei die Dreiquantengruppe, ebenso wie die Zweiquantengruppe, zwei Untergruppen von je vier Elektronen enthält, den Werten $k=1$ und $k=2$ entsprechend (vgl. „Argon“ auf Tafel 1). Nun ist es aber einleuchtend, daß bei genügend großer Kernladung eine 3₂-Bahn ganz im Gebiete der 3₁- und 3₂-Bahnen verlaufen wird, und da ja kein Grund vorliegt, das Vorkommen solcher Elektronenbahnen im normalen Atom auszuschließen, besonders nicht

nach dem Korrespondenzprinzip, möchte man erwarten, daß bei weiterer Einfangung von Elektronen die Dreiquantengruppe sich wieder öffnen wird, um auch den 3_3 -Bahnen Platz zu geben. Bei Kalium und Calcium entspricht eine 4_1 -Bahn noch einer stärkeren Bindung als eine 3_3 -Bahn, was eng mit dem oben erwähnten Eindringen in das Atominnere zusammenhängt, und kommt die Abgeschlossenheit der Argonkonfiguration zu ihrem Recht. Schon bei Scandium aber wird das 19. Elektron sich in einer 3_3 -Bahn bewegen. Man kennt den näheren Verlauf der Entwicklung der Dreiquantengruppe bei den folgenden Elementen nicht mit Sicherheit in Einzelheiten. Im normalen Kupferatom ist aber sicherlich diese Entwicklung zu ihrem endlichen Abschluß gelangt (vgl. „Kupfer“ Tafel I), der außer der Aufnahme von 3_3 -Bahnen auch eine nachkommende Komplettierung der Untergruppen von 3_2 - und 3_1 -Bahnen gefordert hat, so daß jetzt sechs Elektronen in jeder Untergruppe vorhanden sind.

Für Fragen, die Familie der seltenen Erden betreffend, sei auf Costers Artikel verwiesen.

Über die Gültigkeitsgrenzen der Postulate.

Die wichtige Frage nach dem Gültigkeitsbereich der Postulate wird vom Korrespondenzprinzip in mehrfacher Hinsicht beleuchtet¹⁰⁾. Bohr ist geneigt, die Postulate zunächst nur für abgeschlossene Atomsysteme gelten zu lassen, d. h. für Systeme, wo die Teilchen immer in einem begrenzten Raum beieinander sind und die keinen oder schwachen äußeren Einwirkungen unterworfen sind. Für solche Systeme begegnet uns an erster Stelle die Frage nach der Schärfe, womit die stationären Zustände definiert sind, und nach der Breite der Spektrallinien. Unendlich scharf können die Spektrallinien nicht sein, und die Wellenzüge der ausgesandten Strahlung müssen wir uns endlich vorstellen, vielleicht auch, oder vielleicht auch nicht, gedämpft, so wie beim harmonischen Oszillator in der klassischen Theorie. Die Breite der Spektrallinien ist wohl von derselben Größenordnung wie die der von einem solchen Oszillator ausgesandten Linie.

Es läßt sich, worauf Bohr aufmerksam macht, eine Unbestimmtheit in der Frequenz ν im Anschluß an die Frequenzbedingung in unmittelbare Verbindung bringen mit einer Unbestimmtheit in der Bestimmung der Energie in den stationären Zuständen. Bei der Berechnung der Bewegung in diesen Zuständen hat man ja die Wirkung der in der klassischen Theorie auftretenden Strahlungsreaktionskräfte weggelassen; die Annahme liegt dann aber nahe, daß eine Unbestimmtheit von der Größenordnung dieser Kräfte vorhanden ist bei der üblichen Rechnung mit konservativen Kräften, und also auch eine entsprechende Unbestimmtheit in der Festlegung der Energie. Bei der Frage nach der Zeitdauer der Ausstrahlung und nach der Zeitdauer des Überganges, auf die eine solche Überlegung uns unmittelbar führt, stoßen wir aber sofort auf die schwierigsten Paradoxe der Quantentheorie, die mehrere Forscher und besonders Bohr selbst, zu der Überzeugung geleitet haben, daß eine adäquate Beschreibung der Elementarprozesse im Raum und Zeit nicht möglich ist. In dieser Beziehung sei bemerkt, daß es sicher nicht gestattet ist, alle Aussendung von elektromagnetischer Strahlung als durch die Frequenzbedingung beherrscht aufzufassen. Dies gilt zum Beispiel für die Aussendung der monochromatischen Strahlung, die in der Radiotelegraphie von der Antenne stattfindet, wo wir es nicht mehr mit einem abgeschlossenen System zu tun haben, und die sich zweifelsohne viel richtiger mittels der Maxwell'schen Theorie beschreiben läßt. So ist es auch sehr wohl möglich, daß bei der Strahlung des Wasserstoffatoms, die im Gebiet besonders großer Quantenzahlen ausgesandt wird, die klassische Elektrohentheorie schon besser den Vorgang wiedergibt, obgleich wir es hier mit einem abgeschlossenen System zu tun haben. Bohr hat sich in Gesprächen wohl folgendermaßen ausgedrückt: Sowohl die klassische Theorie wie die Quantentheorie sind beide als Naturbeschreibung nur eine Karikatur; sie gestattet sozusagen in zwei extremen Erscheinungsgebieten eine asymptotische Darstellung des wirklichen Geschehens.

Fluoreszenz von Gasen.

Von J. Franck, Göttingen, und P. Pringsheim, Berlin.

Die Erscheinungen der Fluoreszenz von Gasen, für die eine umfassende theoretische Deutung lange vergeblich gesucht wurde, ist durch die Bohrsche Atomtheorie schnell zu einem in seinen großen Zügen leicht übersichtlichen Gebiete geworden. Als Gegengabe hierfür liefern Untersuchungen der Gasfluoreszenz wichtige Beweise für die Richtigkeit der Grundvorstellungen dieser Theorie. Wir können nicht den Versuch machen,

hier eine auch nur annähernd vollständige Übersicht dieser Beziehungen zu bringen, sondern wollen nur an einigen Beispielen die aufgestellte Behauptung rechtfertigen.

Nach den Prinzipien der Bohrschen Atomtheorie besitzen Atome und Moleküle diskrete quantenmäßig ausgezeichnete Energiezustände, in denen, ohne elektromagnetische Strahlung auszusenden, negative Elektronen um positive Kerne umlaufen, positive und negative Ionen eines Moleküls gegeneinander schwingen und um den ge-

¹⁰⁾ Vgl. N. Bohr, Die Grundpostulate der Quantentheorie, ZS. f. Phys. 13, 176, 1923.

meinschaftlichen Schwerpunkt rotieren können. Lichtstrahlung wird nur emittiert bzw. absorbiert beim Übergang von einem ausgezeichneten Zustand in einen anderen. Die Frequenzen der monochromatischen Lichtarten, die dabei aufgenommen oder abgegeben werden, je nachdem es sich um einen Übergang von einem energieärmeren in einen energiereichen Zustand oder um den umgekehrten Prozeß handelt, lassen sich nach der Frequenzgleichung $W_a - W_b = h\nu$ berechnen, wobei W_a die Energie des Anfangszustandes, W_b den Energieinhalt des Endzustandes des Atoms oder Moleküls bezeichnet; h ist das Plancksche Wirkungselement und ν die gesuchte Frequenz. Nur der energieärmste quantentheoretisch zulässige Zustand eines Atoms ist ganz stabil, alle höheren Energiestufen haben im allgemeinen eine sehr kurze mittlere Lebensdauer von der Größenordnung 10^{-8} bis 10^{-9} sec, nach deren Ablauf das Gebilde unter Emission monochromatischer Strahlung in einen niedrigeren Quantenzustand übergeht. Man nennt den stabilen Zustand eines Atoms seinen Normalzustand oder unangeregten Zustand, während die höheren Quantenzustände als angeregte Zustände bezeichnet werden. Sogenannte Auswahlprinzipien, deren Begründung sich aus dem Bohrschen Korrespondenzprinzip (auf das hier nicht eingegangen werden kann) ergibt, sind die Ursache dafür, daß die Häufigkeit der Strahlungsübergänge zwischen den verschiedenen Quantenzuständen äußerst verschieden ist. Gewisse gesetzmäßig verbundene Reihen von Übergängen, die bei Atomen die spektroskopisch lange bekannten wichtigsten Serien monochromatischer Emissions- (oder Absorptions-) Linien ergeben, treten spontan mit großer Häufigkeit auf, während andere Übergänge unter normalen Bedingungen nur selten oder gar nicht vorkommen, dagegen durch äußere Störungen, z. B. durch elektrische oder magnetische Felder oder durch Zusammenstöße mit Atomen oder Molekülen erzwungen werden können. Spektroskopische Untersuchungen der Lichtemissionen bei elektrischer Anregung der Gase oder bei Temperaturanregung haben, wie zum großen Teil in anderen Aufsätzen dieses Heftes erörtert wird, das Hauptmaterial zur Bohrschen Theorie geliefert; der Quantität nach kann die Fluoreszenz der Gase mit diesen Forschungsgebieten nicht konkurrieren, wohl aber durch das Gewicht des gelieferten Beweismaterials und durch die Reinheit der Versuchsbedingungen. Das ist leicht ersichtlich, wenn man sich überlegt, was Gasfluoreszenz im Sinne der Bohrschen Theorie bedeutet.

Durch Einstrahlung von im einfachsten Falle monochromatischem Lichte, das von der betr. Atom- oder Molekülsorte absorbiert wird, überführt man diese in wohl definierte angeregte Zustände und beobachtet die Reemission der aufgenommenen Energie in Form einer allseitigen Strahlung. Sie hat bei direkter Rückkehr des erregten Systems in den Ausgangszustand die gleiche Frequenz wie das

erregende Licht oder sie besteht aus mehreren monochromatischen Strahlungen größerer Wellenlängen, wenn diese Rückkehr stufenweise erfolgt. Entspricht der Anfangszustand dem unangeregten Molekül, so kann nach dem Energiesatz und unter Berücksichtigung der oben angegebenen Frequenzbedingung die Frequenz keines der sekundären Strahlungsprozesse größere Frequenzen besitzen, als das eingestrahlte Licht. Ist der Ausgangszustand dagegen schon ein angeregter Zustand, so können höhere Frequenzen ausgestrahlt werden, wobei die Maximalfrequenz sich nach der Frequenzgleichung aus der Summe der Anregungsenergie des Anfangszustandes und des eingestrahnten $h\nu$ ergibt. So erhält man unmittelbar sofort das lange bekannte von Stokes aufgestellte Grundgesetz der Fluoreszenz — die Wellenlängen der Fluoreszenzspektren pflegen nicht kurzwelliger zu sein als die anregende Strahlung — sowie die Abweichungen von diesem Gesetz quantitativ nach der Atomtheorie (in Verbindung mit der Quantentheorie) wiedergegeben. Weitere Aussagen der Atomtheorie über die Fluoreszenz wollen wir in Unterkapiteln behandeln und zuerst die Fluoreszenz einatomiger Gase bei niedrigem Gasdruck kurz besprechen.

Fluoreszenz einatomiger Gase bei niedrigen Gasdrucken.

Als einatomige Gase kommen nur Edelgase und Metaldämpfe in Frage. Von diesen scheiden für die meisten Untersuchungen die Edelgase aus, weil die Wellenlängen, die von den unangeregten Atomen absorbiert werden, im äußerst schwer zugänglichen sehr kurzwelligen Ultraviolett liegen. Von den Metaldämpfen sind wiederum nur diejenigen eingehender untersucht, die bei niedrigen Temperaturen einen genügenden Dampfdruck besitzen, wie z. B. das Quecksilber und die Alkalimetalle. Wählen wir als Versuchstemperatur eine solche, die zwischen der Zimmertemperatur und einigen 100°C liegt, so sind alle Atome im normalen unangeregten Zustand. Bestrahlen wir nun das Metallgas mit Licht der Wellenlänge, die bei ihrer Absorption das Atom in den energetisch nächstbenachbarten, durch Strahlung erreichbaren Anregungszustand bringt, d. h. mit der langwelligsten Strahlung, die absorbiert wird, so kann die Reemission der Energie nur in einer direkten Rückkehr in den Normalzustand bestehen. Wir beobachten also eine Fluoreszenz derselben Wellenlänge, wie sie das eingestrahlte Licht besitzt. Eine derartige Fluoreszenz nennt man Resonanzstrahlung, da die klassische Theorie der Optik sie durch die Resonanz quasielastisch gebundener Elektronen in den Atomen erklärt. Wenn somit das Vorhandensein einer solchen Erscheinung von der klassischen Theorie direkt gefordert wird, so kann diese Auffassung keine Deutung dafür geben, warum gerade die langwelligen Absorptionslinien jedes einatomigen Gases und nicht vielmehr alle Absorptions-

frequenzen die Eigenschaften der Resonanzstrahlung zeigen. Auch müßten nach der Resonanztheorie feste Phasenbeziehungen zwischen der erregenden und der Fluoreszenzstrahlung bestehen, die offensichtlich nicht vorhanden sind; dagegen fehlt eine derartige Beziehung nach der Atomtheorie, weil jetzt sich zwischen den Absorptionsakt und den Emissionsakt eine Verweilzeit des Atoms im angeregten Zustand einschleibt, die — von Atom zu Atom verschieden — vorläufig nur durch ein Wahrscheinlichkeitsgesetz geregelt erscheint. Ist unter den gewählten Versuchsbedingungen der Druck des bestrahlten Gases so niedrig, daß die Zeit zwischen zwei Zusammenstößen der Atome groß ist gegenüber der Verweilzeit im angeregten Zustand, so erfolgt die Reemission ungestört: alles Licht, das von den Atomen aufgenommen wird, wird quantitativ wieder ausgestrahlt, das Gas wird also nicht erwärmt. Diese Eigenschaften der Resonanzstrahlung und noch eine große Zahl weiterer, auf die einzugehen zu weit führt, sind zuerst für die Fluoreszenz der Quecksilberlinie $2536,7 \text{ \AA}$ (mit der Serienbezeichnung $1S-2p_2$) von Wood vor Bestehen der Atomtheorie gefunden worden. Später wurden ganz analoge Versuche hauptsächlich von Wood, Dunoyer und Strutt für die D-Linien des Natriums ($1s-2p_1^2$) beschrieben. Resonanzstrahlung kann aber auch unter Bedingungen eintreten, bei denen durch Absorption der einfallenden Strahlung höhere Anregungsstufen erreicht werden. Die Vorbedingung dafür ist nur die, daß von dem erreichten Energiezustand aus alle anderen strahlenden Übergänge in niedrigere Quantenzustände durch die erwähnten Auswahlprinzipien ausgeschlossen sind bis auf denjenigen, der die direkte Umkehrung des Absorptionsvorganges darstellt. Ein Beispiel hierfür ist die Resonanzfluoreszenz der Quecksilberlinie 1849 \AA (mit der Serienbezeichnung $1S-2P^1$). Ein anderes noch interessanteres Beispiel ist die Erzeugung von Resonanzfluoreszenz in elektrisch angeregtem Helium durch die ultrarote Strahlung der Linie $1,083 \mu$, die von Paschen aufgefunden worden ist. Helium hat zwei Spektralsysteme, die miteinander so wenig zu tun haben, daß Runge und Paschen, die die Linien des Heliums in Serien einordneten, ursprünglich glaubten, daß das Helium aus zwei verschiedenen Atomsorten, dem Orthohelium und dem Parhelium, bestünde. Wir wissen jetzt, daß es sich gewissermaßen um zwei verschiedene Modifikationen des gleichen Elements handelt. Die beiden Elektronen des Heliums umkreisen den Atomkern entweder so, daß ihre Bahnebenen einen Winkel miteinander bilden (Parhelium) oder sie laufen in komplanaren Bahnen (Orthohelium). Übergänge zwischen diesen Bahntypen infolge einer Absorption

oder Emission von Strahlung kommen nicht vor. Durch Versuche über das elektrische und optische Verhalten des Heliums ergab sich, daß der Normalzustand dem Parhelium zugehört. Ein Übergang aus dem Normalzustand in den nächst höheren, dem Orthohelium zugehörigen Quantenzustand läßt sich durch elektrische Anregung (Elektronenstoß) hervorrufen. In diesem zweiquantigen Orthoheliumzustand ist das Helium metastabil, es kehrt ohne die Einwirkung äußerer Störungen nicht freiwillig in den Normalzustand zurück. Demgemäß ist die von Paschen entdeckte Erscheinung als Resonanzfluoreszenz des metastabilen Heliums zu deuten, die Linie $1,083 \mu$ ist die Resonanzlinie des zweiquantigen Orthoheliums. Ähnliche metastabile Zustände, die aber labiler sind als der beschriebene, finden sich auch bei vielen anderen Elementen (z. B. in der ganzen zweiten und dritten Kolumne des periodischen Systems), und man hat Anhaltspunkte für ein entsprechendes Verhalten derselben bei Fluoreszenzversuchen. Eine experimentelle Schwierigkeit besteht hier in der Lichtschwäche der Fluoreszenzerscheinungen. Diese stört auch sehr bei Untersuchung der stufenweisen Reemission von Strahlung, wenn eine Atomsorte primär in einen Zustand höherer Anregung versetzt wird. Hierher gehören die Untersuchungen von Strutt, der bei Anregung des Natriums mit Licht der zweiten Absorptionslinie 3303 \AA ($1s-3p_1^2$) im Fluoreszenzlicht neben dieser die Emission der D-Linien (erstes Absorptionsdublett des Natriumdampfes) beobachtete. Die Emission der Strahlungen, die den Übergängen zwischen den beiden Ausgangsniveaus $3p$ und $2p$ entsprechen, bleiben noch nachzuweisen, es müssen zwei im ultraroten Gebiete liegende Spektrallinien auftreten. Nahe verwandt hiermit sind auch Untersuchungen von Fächbauer über Fluoreszenz des Quecksilberdampfes, die gewissermaßen eine Umkehrung der Strutt'schen Versuche darstellen. Denn hier werden hohe Anregungsenergien des Hg-Atoms nicht in einem einzigen Prozeß durch Einstrahlung einer höheren Absorptionslinie des normalen Quecksilbers, sondern durch gleichzeitige Einstrahlung von Lichtarten verschiedener Wellenlängen erreicht, die zeitlich nacheinander absorbiert werden und so dem Atom die Energie stufenweise zuführen.

Einfluß von Zusammenstößen mit Atomen auf die Fluoreszenz einatomiger Gase.

Bisher wurden Fälle besprochen, bei denen die Atome quantenhaft Strahlung absorbieren und sie nach einer kurzen Verweilzeit ebenfalls in Form von Strahlung reemittieren. Wie man sieht, wird durch solche Prozesse echte Lichtabsorption, d. h. Überführung von Lichtenergie in andere Energieformen — im gewöhnlichsten Fall in Wärmebewegung — nicht herbeigeführt. Dieses Phänomen entsteht dagegen, wenn angeregte Atome vor ihrer Rückkehr in den Normalzustand

4) Zwischen $2p_2$ und $2P$ gibt es keinen Übergang durch Ausstrahlung, denn bei einem solchen würde sich das azimuthale Quant um den Betrag 0 ändern, was dem Auswahlprinzip widerspricht.

Zusammenstöße mit anderen Atomen oder Molekülen erfahren. Dann kommt es häufig vor, daß das angeregte Atom, ohne auszustrahlen, in einen niedrigeren Quantenzustand übergeht, während die abgegebene Energie auf die Translationsenergie der beiden zusammenstoßenden Atome verteilt wird. Es entsteht also Wärmebewegung auf Kosten der aufgenommenen Strahlungsenergie. *Klein* und *Rosseland* haben diesen Prozeß als Stoß zweiter Art bezeichnet. Er ist die direkte Umkehr der Anregung von Temperaturleuchten eines Gases, denn hierbei wird Translationsenergie zweier zusammenstoßender Atome in Anregungsenergie eines der Atome verwandelt, was als Stoß erster Art bezeichnet wird. Aus thermodynamischen Überlegungen der genannten Autoren folgt, daß bei Temperaturgleichgewicht die Zahl der Stöße erster Art gleich groß sein muß wie die zweiter Art, und hieraus läßt sich folgern, daß bei Zusammenstößen angeregter Atome mit langsamen unangeregten Atomen die Ausbeute an Stößen zweiter Art sehr groß werden muß.

Die Bedingungen sind also hierfür besonders günstig, wenn man in einem kalten Gas, in dem die Translationsenergie der Atome klein ist, angeregte Atome durch äußere Einstrahlung erzeugt und den Druck so wählt, daß die mittlere Zeit zwischen zwei Zusammenstößen von gleicher Größenordnung ist, wie die mittlere Lebensdauer der angeregten Atome. Diese Voraussetzungen sind z. B. erfüllt, wenn man Quecksilberdampf, dem Wasserstoff oder Edelgas von entsprechendem Druck zugemischt ist, bei Zimmertemperatur mit seiner Resonanzwellenlänge 2536,7 Å bestrahlt. Man sieht dann, wie mit wachsendem Druck des Zusatzgases die Resonanzfluoreszenz immer schwächer wird, während die von den Atomen aufgenommene Energie konstant bleibt; die strahlenden Übergänge werden im Verhältnis zu den strahlungslos verlaufenden immer seltener. Die Auslöschung der Fluoreszenz durch Zusammenstöße bietet so eine der Möglichkeiten, die mittlere Lebensdauer der Anregungszustände durch Vergleich mit der mittleren Zeit zwischen zwei Zusammenstößen abzuschätzen. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn man den Atomen von Natriumdampf eine höhere Erregungsenergie mitteilt und dann Zusammenstöße mit fremden Molekülen zuläßt; auch hier kommt es zur Überführung von Quantenenergie in Wärmeenergie; Nur kann auch hier wieder die Energie stufenweise abgegeben werden, so daß etwa zuerst ein Stoß zweiter Art einen strahlungslosen Übergang in einen niedrigeren Quantenzustand ergibt, während die auf der so erreichten Stufe noch vorhandene Energie ausgestrahlt wird. Die durch Zusammenstöße erzeugten strahlungslosen Übergänge können dabei von der Art sein, daß sie selbsttätig unter Ausstrahlung (wegen der Auswahlprinzipien) nicht erfolgen dürften. Die bereits beschriebene Anregung der *D*-Linien im Na durch Absorption der Linie 3303 Å mag teilweise auf diese Art vor sich gehen, ebenso das

gleichzeitige Erscheinen beider *D*-Linien in der Fluoreszenz bei Anregung mit nur einer Komponente dieses Dubletts.

Besonderes Interesse verdient der Fall von Zusammenstößen angeregter Atome mit einer zweiten Atomsorte, die durch kleinere Energiebeträge anregbar ist, als der im ersten Atom als Quantenenergie aufgespeicherte. Dann kann die Quantenenergie beim Zusammenstoß von der ersten Atomsorte auf die zweite teilweise wieder als Anregungsenergie übertragen werden, so daß jetzt die entsprechenden Linien der zweiten Atomsorte in der Fluoreszenz erscheinen, während nur der Überschuß der Energie in Wärmebewegung übergeht. Ein Beispiel mag das näher beleuchten. Bestrahlt man ein Gemisch von Quecksilberdampf und Thalliumdampf geeigneten Druckes und nicht zu hoher Temperatur mit Licht der Linie 2536,7 Å, so wird diese Lichtsorte nur von den Hg-Atomen, nicht aber von den Thalliumatomen absorbiert. Trotzdem erscheinen alle die Linien des Thalliums in der Fluoreszenzemission des Gasgemisches, die eine niedrigere Anregungsenergie besitzen als die Quecksilberlinie 2536,7 Å, während alle Linien höherer Anregungsenergie fehlen. Gemische von Hg mit Cd, Bi, Pb verhalten sich entsprechend. Man kann daher durch derartige Versuche über „sensibilisierte Fluoreszenz“ Resultate auch über die Anregungsenergie von Spektrallinien solcher Elemente erhalten, bei denen die Linien noch nicht in ein Serienschema eingeordnet sind. Man wird weiterhin nachweisen können, daß der Überschuß der Anregungsenergie der einen Atomsorte über den zur Anregung der zweiten Atomsorte beim Zusammenstoß benötigten Betrag in Translationsenergie verwandelt wird. Da die sekundär angeregten Atome mehr oder minder große Geschwindigkeiten erhalten, muß sich das durch einen Dopplereffekt bei der Lichtemission bemerkbar machen. Eindeutige Resultate liegen aber hierüber noch nicht vor. Leichter ist es, den umgekehrten Effekt nachzuweisen. Er besteht darin, daß man durch Zusammenstöße angeregter Atome mit normalen Atomen diesen eine höhere Anregungsenergie übermitteln kann, als in den angeregten Atomen vorhanden ist, wenn man die relative Translationsenergie beim Zusammenstoß durch Temperaturerhöhung groß genug macht. Diese Erscheinung ist für ein Gemisch von Quecksilber und Thallium sowie von Quecksilber und Kadmium nachgewiesen. Die Versuche sind ein klares Beispiel für die quantenhafte Energieübertragung. Vor dem Zusammenstoß herrscht ein wohldefinierter Quantenzustand beider Atome, ebenso nach dem Zusammenstoß; nur sind beim Stoß Übergänge in andere Quantenzustände erfolgt. Möglich sind dabei alle Übergänge, für die genügend Energie vorhanden ist, sei es in Form von innerer Energie, sei es in Form von Translationsenergie. Da die Translationsenergie alle Werte annehmen kann, ist sie die Quelle oder das Reservoir zur Abgabe oder Aufnahme von Energiebeträgen, die

für die Erreichung eines anderen Quantenzustandes beim Stoß fehlen oder überschüssig sind.

Auf weitere wichtige Fragen, die durch das Studium der Fluoreszenz einatomiger Gase zum Teil schon geklärt sind, zum Teil noch geklärt werden können, einzugehen, verbietet uns die Art dieses Aufsatzes. Es handelt sich dabei um die Fragen der Polarisation sowie der Übergangswahrscheinlichkeiten, Sensibilisierung photochemischer Prozesse usw.

Fluoreszenz mehratomiger Gase.

Im Prinzip lassen sich durch Untersuchung der Fluoreszenz mehratomiger Gase genau die gleichen Fragen studieren, wie bei den einatomigen. Wir können uns daher kurz fassen und nur auf die hauptsächlichsten Unterschiede eingehen. Moleküle haben kompliziertere, linienreichere Spektren als Atome, sogenannte Bandenspektren (s. den Bericht über Bandenspektren in diesem Heft). Der Grund liegt darin, daß zu den bei Atomen möglichen Quantenänderungen in der Elektronenkonfiguration noch die quantenlastigen Energieänderungen der Atomschwingungen gegeneinander sowie der Rotation der Atome zueinander hinzutreten. Auch für diese gelten Auswahlprinzipien. Das wesentlichste derselben lautet, daß die Quantenzahl der Rotationsenergie sich nur um den Betrag ± 1 ändern kann. Untersuchungen am Fluoreszenzspektrum des Joddampfes, die am weitesten fortgeschritten sind, illustrieren die Verhältnisse deutlich. Bei monochromatischer Anregung mit einer Strahlung, die vom Jodmolekül absorbiert wird, erhält man als Emissionsspektrum eine große Zahl von Liniengruppen, deren Wellenlängen sich an die des erregenden Lichtes nach beiden Seiten hin anschließen. Jede Gruppe besteht aus zwei engbenachbarten Linien und hat von der nächsten Gruppe angenähert den gleichen Frequenzabstand. Von der Frequenz der anregenden Spektrallinie aus gerechnet, zählt man bis zu 27 Dubletts nach der Seite der langen Wellen, während nur wenige Gruppen auftreten, deren Frequenz größer ist als die der anregenden Spektrallinie. Das ist gerade ein Bild, wie man es nach der Theorie zu erwarten hat. Die vollkommene Reemission der absorbierten Energie ergibt als direkte Umkehr des Erregungsprozesses die Aussendung der eingestrahlten Frequenz. Behält das angeregte Molekül bei der Rückkehr der Elektronenkonfiguration in den Normalzustand einen Teil der im Absorptionsakt aufgenommenen Schwingungsquanten als innere Energie zurück, so entstehen Linien, deren Schwingungszahlen kleiner sind als die Frequenz des eingestrahlten Lichtes und sich von dieser um ganzen Vielfache eines konstanten Betrages unterscheiden: also eine Serie aquidistanter Linien. Gibt das Molekül aus dem inneren Energievorrat, den es bereits vor dem Absorptionsprozeß besaß, bei den Emissionen noch Schwingungsquanten mit ab, so entstehen wie

vorher Linien mit gleichen Frequenzabständen, die jedoch, dem Stokes'schen Gesetz widersprechend, bei kürzeren Wellenlängen liegen als die erregende Linie. Zu der Änderung der Schwingungsquanten kommt die der Rotationsquanten, deren Zahl bei jeder Emission nur um ± 1 springen kann. Da die Rotationsquanten klein sind gegenüber den Schwingungsquanten, so wird jede der aquidistanten Linien in ein enges Dublet aufgespalten. Das beschriebene Spektrum erhält man nur bei niedrigen Drucken; bei Zusatz von Gasen kommt wieder die Wirkung der Zusammenstöße hinzu. Bei diesen können die angeregten Moleküle beliebige Vielfache von Rotations- und Schwingungsquanten an die kollidierenden Atome abgeben, d. h. Stöße zweiter Art erleiden. Der Rest an Quantenenergie kann ausgestrahlt werden, wenn das nunmehr weniger angeregte Molekül nicht vor der Ausstrahlung noch mehr Zusammenstöße erfährt. Durch Zusatz von Gas geeigneten Druckes wird daher das Spektrum lichtschwächer, komplizierter, und seine Intensität verschiebt sich nach langen Wellenlängen hin. Der Betrag an Energie, der im Mittel bei einem Zusammenstoß an die stoßenden Atome oder Moleküle abgegeben wird, hängt von deren Atomgewicht und chemischer Natur sowie von ihrer Translationsenergie ab. Abschließende Aussagen lassen sich über diese Punkte bisher noch nicht geben. Interessant ist, daß man Molekülen durch Lichtabsorption bei tiefen Drucken wesentlich mehr Energie zuführen kann, als der Dissoziationsenergie entspricht, ohne daß das Molekül dissoziiert. Das geht aus der Bandenstruktur des Fluoreszenzspektrums hervor, das man erhält, trotzdem das λ des erregenden Lichtes größer ist als die Dissoziationsenergie des Moleküls. Der Hauptteil der aufgenommenen Energie wird in der potentiellen Energie eines Elektrons, das auf einer höheren Quantenbahn die Kerne umläuft, gespeichert. Um überhaupt Dissoziation oder sonstige photochemische Prozesse durch Belichtung hervorzurufen, bedarf es außer der Anregung noch einer Störung, die die Energie von den Elektronenbahnen auf die Kerne überführt. Wenn dieser Prozeß, wie es meistens der Fall ist, durch einen Zusammenstoß erfolgt, so kann man ihn auch als einen Stoß zweiter Art bezeichnen. Aber auch andere Störungen, wie z. B. die Wirkung eines magnetischen Feldes, scheinen ähnliche Resultate zu ergeben. Auf weitere Folgerungen für photochemische Prozesse sowie auf die zum Teil durch Fluoreszenz nachweisbaren Änderungen chemischer Reaktionen einzugehen, führt hier zu weit.

So mögen die besprochenen Beispiele genügen, um zu erweisen, wie eng Bohrs Theorie des Atombaues mit den Erscheinungen der Gasfluoreszenz verknüpft ist und wie auch auf diesem Gebiete der Physiker gerade durch die experimentellen Tatsachen immer wieder auf die Tragweite der Bohrschen Theorie und die Richtigkeit ihrer Grundvorstellungen hingewiesen wird.

Bohrsche Theorie und Elektronenstoß.

Von G. Hertz, Eindhoven.

Die Bohrsche Theorie erklärt die Emission der Serienspektren auf Grund der Annahme, daß ein Atom in einer unendlichen Anzahl von diskreten stationären Zuständen existieren kann, und daß Emission einer monochromatischen Strahlung beim Übergang des Atoms aus einem dieser stationären Zustände in einen anderen erfolgt. Die Frequenz der bei einem solchen Übergang ausgesandten Strahlung soll gegeben sein durch die Gleichung

$$h\nu = E_1 - E_2$$

wobei h die Plancksche Konstante und E_1 bzw. E_2 die Energie des Atoms im Anfangs- bzw. Endzustand bedeuten. Diese Grundhypothesen sind völlig unabhängig von speziellen Vorstellungen über die Bahnen der Elektronen im Atom, ja überhaupt unabhängig von irgendwelchen Vorstellungen über den Bau des Atoms. In den Serienspektren finden sie ihren Ausdruck in dem schon lange vorher bekannten Ritzschen Kombinationsprinzip, nach welchem sich die Frequenzen aller Spektrallinien darstellen lassen als Differenzen zwischen einer bzw. mehreren Reihen von Termen. Nach den Grundhypothesen der Bohrschen Theorie haben also diese Terme eine sehr einfache physikalische Bedeutung, sie bedeuten nämlich die mit negativem Vorzeichen genommenen und durch die Konstante h dividierten Werte der Energie des Atoms in seinen verschiedenen stationären Zuständen. Hierbei ist die Energie des Atoms nur bis auf eine additive Konstante definiert. Die Bohrsche Theorie des Wasserstoffatoms führt zu der Festsetzung, daß man zur Berechnung der Terme aus der Energie diese Konstante so zu wählen hat, daß der Termwert Null dem Zustande des Atoms entspricht, in welchen es durch Entziehung eines Elektrons gelangt, also dem Zustande des positiven Ions.

Ob die Deutung der Terme als Werte der Energie in verschiedenen stationären Zuständen des Atoms richtig ist, läßt sich durch rein optische Messungen nicht entscheiden. Um hierüber experimentell etwas aussagen zu können, muß man Erscheinungen betrachten, bei denen bestimmte gemessene Energiebeträge in Beziehung gesetzt werden zu bestimmten Frequenzen von Spektrallinien. Hierzu ist durch die Untersuchung der bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Atomen auftretenden Erscheinungen die Möglichkeit gegeben worden.

Wir werden uns im folgenden auf die Behandlung der Zusammenstöße zwischen Elektronen und den Atomen von Edelgasen und Metaldämpfen beschränken, da bei den anderen Gasen die Verhältnisse durch die Mehratomigkeit ihrer Moleküle und durch ihre chemische

Aktivität experimentell und theoretisch sehr viel verwickelter sind.

Betrachten wir ein Atom zunächst im Sinne der klassischen Theorie als ein Gebilde von bestimmter Masse und gewissen inneren Freiheitsgraden, etwa quasielastisch gebundenen Elektronen, so müssen wir erwarten, daß beim Zusammenstoß zwischen einem Elektron und einem solchen Atom die kinetische Energie des Elektrons zum Teil an die inneren Freiheitsgrade des Atoms übertragen wird. Bei jedem derartigen Zusammenstoß sollte also das Elektron einen Energieverlust erleiden, dessen Größe von den zufälligen Umständen abhängen sollte. Für das Bohrsche Atom dagegen ist ein ganz anderes Verhalten zu erwarten. Da dieses Atom überhaupt nur in bestimmten stationären Zuständen mit ganz bestimmten Werten seiner Energie existieren kann, so kann man seinen inneren Freiheitsgraden auch nicht beliebige Energiebeträge zuführen, sondern nur ganz bestimmte Energiequanten, welche gegeben sind durch den Unterschied der Energie des Atoms in irgendeinem höheren Quantenzustand gegenüber der Energie des Atoms im Normalzustand. Unter diesen Energiequanten, welche das Atom aufzunehmen imstande ist, befindet sich insbesondere auch ein kleinstes. Es muß also unmöglich sein, dem Atom auf irgend eine Weise einen Energiebetrag zuzuführen, welcher kleiner ist als dieses kleinste aufnehmbare Quantum. Wenden wir dies auf Stöße von Elektronen an, so müssen wir folgern, daß ein Elektron, dessen kinetische Energie kleiner ist als ein bestimmter für das Atom charakteristischer kritischer Wert, nicht imstande sein kann bei einem Zusammenstoß Energie auf die inneren Freiheitsgrade des Atoms zu übertragen. Der Zusammenstoß wird also so vor sich gehen, als wenn die inneren Freiheitsgrade des Atoms überhaupt nicht vorhanden wären, daß heißt, er wird so verlaufen wie ein Zusammenstoß zwischen völlig elastischen Kugeln, bei welchem sich die gesamte kinetische Energie der stoßenden Körper nach dem Zusammenstoß als kinetische Energie wiederfindet. Nur wenn die kinetische Energie des Elektrons größer ist als der kritische Wert, sind unelastische Zusammenstöße möglich, bei denen ein gewisser Energiebetrag an die inneren Freiheitsgrade des Atoms übertragen wird. Der bei einem solchen unelastischen Zusammenstoß übertragene Energiebetrag kann aber nicht jeden beliebigen Wert haben sondern muß gerade die richtige Größe haben, um dem Atom den Übergang aus seinem Normalzustand in einen seiner höheren stationären Zustände möglich zu machen.

Bei den elastischen Zusammenstößen unter-

halb des kritischen Wertes der kinetischen Energie des stoßenden Elektrons wird das Elektron ebenfalls einen Teil seiner Energie verlieren, welcher, dem gestoßenen Atom als kinetische Energie zugeführt wird. Bei elastischen Zusammenstößen ist der Betrag der auf diese Weise übertragenen Energie durch Energie- und Impulssatz bestimmt. Der Bruchteil der kinetischen Energie des Elektrons, welcher bei elastischen Stößen im Mittel dem Atom als kinetische Energie zugeführt wird, ist, wie eine einfache Rechnung ergibt: $\frac{2m}{M}$, wobei m bzw. M die Masse des Elektrons bzw. des Atoms bedeutet. Wegen der Kleinheit der Masse des Elektrons ist dieser Quotient stets sehr klein, z. B. für Helium $\frac{1}{3700}$

für Neon $\frac{1}{18500}$, für Argon $\frac{1}{35000}$. Der Energieverlust bei elastischen Stößen ist also in allen Fällen außerordentlich klein, so daß er sich in den meisten Fällen, sofern es sich nicht um sehr große Stoßzahlen handelt, praktisch überhaupt nicht bemerkbar machen wird. Nach der Bohrschen Theorie muß man also erwarten, daß ein Elektron bei einem Zusammenstoß mit einem Atom, solange seine Geschwindigkeit unterhalb eines bestimmten kritischen Wertes bleibt, praktisch überhaupt keine Energie verliert. Ist die kinetische Energie des Elektrons gerade gleich dem kritischen Werte, so kann es beim Zusammenstoß Energie verlieren, es muß aber dann bei dem Zusammenstoß sogleich seine ganze Energie verlieren. Übersteigt die kinetische Energie des Elektrons den kritischen Wert, so ist ebenfalls beim Zusammenstoß ein Energieverlust möglich. Der Energiebetrag, den das Elektron beim Zusammenstoß an das Atom abgibt, kann dann aber nur bestimmte diskrete Werte haben, von denen der kleinste gleich der kritischen Energie ist.

Vom Standpunkt der klassischen Theorie muß dieses Verhalten ganz absurd erscheinen. Um so mehr wird man eine sehr starke Stütze für die Richtigkeit der Bohrschen Anschauungen darin erblicken dürfen, daß das Experiment gerade dieses Verhalten für Elektronen in Edelgasen und Metaldämpfen ergeben hat. Das Bestehen diskreter stationärer Zustände des Atoms mit bestimmten Energiewerten ist hierdurch in hohem Maße experimentell wahrscheinlich gemacht. Aber auch der zweiten Grundhypothese, daß Strahlung einer durch die Gleichung $h\nu = E_1 - E_2$ bestimmten Frequenz beim Übergang des Atoms aus einem stationären Zustand in einen anderen ausgesandt wird, konnte eine starke experimentelle Stütze gegeben werden durch Untersuchung der als Folge von Elektronenstößen auftretenden Strahlung und durch Vergleich der elektrisch gemessenen Energiequanten mit den aus den Spektraltermen zu berechnenden Größen. Derartige Messungen werden in der

Regel so ausgeführt, daß man die von einer Elektronenquelle, meist einem Glühdraht, ausgehenden Elektronen durch ein elektrisches Feld beschleunigt. Die kinetische Energie, die sie dabei erreichen ist proportional der durchlaufenen Spannung und man benutzt daher die durchlaufene Spannung meist als Maß für die kinetische Energie der Elektronen. Der kinetischen Energie, die ein Elektron besitzen muß, um beim Zusammenstoß Energie an ein Atom abgeben zu können, entspricht daher eine bestimmte Spannung, welche man als Anregungsspannung bezeichnet, da infolge des Zusammenstoßes das Atom aus seinem Normalzustand in einen angeregten Zustand übergeführt wird. Neben dieser niedrigsten Anregungsspannung, welche der der Überführung des Atoms aus seinem Normalzustand in den nächst höheren angeregten Zustand entspricht, existieren höhere kritische Spannungswerte. Diese geben die Spannung an, welche mindestens von Elektronen frei durchlaufen sein muß, um das Atom beim Zusammenstoß in einen der höheren stationären Zustände zu überführen. Zu jedem stationären Zustand des Atoms gehört also eine bestimmte Anregungsspannung. Für die Frage der Lichterregung durch Elektronenstoß ist es vor allem von Interesse, zu wissen, welche Energie die stoßenden Elektronen mindestens besitzen müssen, um die Emission einer bestimmten Spektrallinie anzuregen. Da Emission einer Spektrallinie nach Bohr beim Übergang des Atoms aus einem höheren Quantenzustand in einen niedrigeren vor sich geht, so ist die Bedingung für die Emission einer bestimmten Spektrallinie, daß das Atom in den höheren der beiden stationären Zustände gebracht wird, zwischen denen der Übergang stattfinden muß. Die Anregungsspannung für eine bestimmte Spektrallinie, also die Spannung, welche Elektronen mindestens frei durchlaufen haben müssen, um das Atom zur Emission dieser Spektrallinie anzuregen, ist also gleich der Anregungsspannung für den höheren der beiden stationären Zustände, zwischen denen ein Übergang stattfinden muß, um Emission dieser Spektrallinie zu ergeben. Ein Zusammenhang zwischen der Frequenz einer Spektrallinie und ihrer Anregungsspannung besteht im allgemeinen nicht, wohl aber in dem besonderen Falle von Linien, die einen Übergang zwischen einem höheren stationären Zustand und dem Normalzustand des Atoms entsprechen. Bei diesen Linien, welche auch die Eigenschaft haben, Absorptionslinien des unerregten Atoms zu sein, ist die zur Anregung erforderliche Energie gleich der bei der Emission ausgestrahlten, sie ist daher aus der Frequenz der Spektrallinie nach der Gleichung $V \cdot e = h\nu$ zu berechnen, worin V die Anregungsspannung und e die Ladung des Elektrons bedeutet.

Besonders einfach liegen die Verhältnisse bei den Alkalimetallen. Hier sind die Linien,

welche die Eigenschaften haben, Absorptionslinien des unerregten Atoms zu sein, die Linien der Hauptserie, von denen die erste, im Falle des Natriums die *D-Linie*, die Eigenschaften einer Resonanzlinie hat. Ebenso wie bei einer solchen Linie die gesamte aus einer Strahlung dieser Frequenz absorbierte Energie wieder als Strahlung derselben Frequenz emittiert wird, so muß auch die Energie, welche dem Atom durch Stöße von Elektronen zugeführt wird, welche gerade die Anregungsspannung der Resonanzlinie durchlaufen haben, ausschließlich als Strahlung von der Frequenz der Resonanzlinie emittiert werden. Die Bohrsche Theorie läßt also erwarten: Die Anregungsspannung der Resonanzlinie ist nach der $h\nu$ -Beziehung aus ihrer Frequenz zu berechnen, und das Atom emittiert unter dem Einfluß von Stößen von Elektronen, welche diese Anregungsspannung aber noch nicht die Anregungsspannung einer der höheren Serienlinien frei durchlaufen haben, einzig und allein die Resonanzlinie. Dies ist nun in der Tat das Verhalten, welches das Experiment ergeben hat. Hierdurch ist also auch, wenigstens zunächst für den Fall der Resonanzlinien, die Bohrsche Beziehung zwischen der Frequenz einer Spektrallinie und der Differenz der Energie des Atoms in den zugehörigen beiden stationären Zuständen experimentell bestätigt.

Da die niedrigste Anregungsspannung des Atoms zugleich die Anregungsspannung der Resonanzlinie ist, so hat man sie auch als Resonanzspannung bezeichnet. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß diese Übereinstimmung nur bei den Alkalimetallen besteht. Bei den Erdalkalimetallen und den mit ihnen in der gleichen Gruppe des periodischen Systems stehenden Metallen, von denen vor allem das Quecksilber genauer untersucht ist, existiert ein stationärer Zustand des Atoms, in welchem seine Energie kleiner ist, als in dem Zustand, welcher der Ausgangspunkt für die Emission der Resonanzlinie ist. Hier wird das Atom durch Zuführung des kleinsten möglichen Energiequantums in einen Zustand gebracht, aus welchem es durch einen mit Strahlung verbundenen Übergang überhaupt nicht in den Normalzustand zurückkehren kann. Ein solcher Zustand wird nach *Franck* als metastabil bezeichnet, da man annehmen muß, daß ein Atom in einem solchen Zustand ohne äußere Störung beliebig lange verharren kann. Wenn nämlich das Atom die bei der Zurückkehr in den Normalzustand freiwerdende Energie nicht als Strahlungsenergie ausstrahlen kann, so muß diese Energie in Wärmeenergie übergeführt werden, also in kinetische Energie von Atomen oder Elektronen. Nach dem Impulssatz ist eine solche Überführung in kinetische Energie aber nur möglich, wenn mindestens zwei Masseteilchen daran beteiligt sind, da der Gesamtimpuls bei dem Vorgang konstant bleiben muß.

Die Metalle der zweiten Gruppe des periodischen Systems besitzen zwei Resonanzlinien, von denen die eine dem System der Einfachlinien, die andere dem System der Triplettlinien angehört. Beim Quecksilber sind es die Linien der Wellenlänge 1849,6 Å bzw. 2536,7 Å. An der letzteren konnte die Erregung durch Stoß von Elektronen, deren Energie gleich der mit der Konstante h multiplizierten Frequenz der Resonanzlinie ist, zuerst nachgewiesen werden.

Die Edelgase zeigen relativ sehr hohe Werte der Anregungsspannung. Hier ist also der Energieunterschied zwischen dem Normalzustand des Atoms und dem ersten angeregten Zustand sehr groß, und dementsprechend liegen die eigentlichen Hauptserienlinien hier im extremen Ultraviolett, so daß sie bis vor kurzem der spektrometrischen Beobachtung unzugänglich waren. Hier war die Methode des Elektronenstoßes imstande, wenn auch nicht mit derselben Genauigkeit wie die der optischen Messungen, das System der optischen Serien durch Hinzufügung des dem Normalzustande entsprechenden Terms zu ergänzen. So konnten *Franck* und *Knipping* die Verbindung zwischen den scheinbar ganz unabhängigen zwei Spektren des Heliums herstellen und zeigen, daß der der ersten Anregungsspannung des Heliums entsprechende Quantenübergang zu einem Zustand des Heliumatoms führt, von welchem man annehmen muß, daß das Atom in ihm metastabil ist, also nicht imstande, ohne äußere Störung aus ihm in den Normalzustand zurückzukehren.

Die Übereinstimmung der gemessenen Werte der Anregungsspannung der Resonanzlinien mit den aus der Beziehung $V_e = h\nu$ sich ergebenden Werten ist ein starker experimenteller Beweis für den quantenhaften Charakter des Emissionsvorganges, dagegen sagt sie nicht viel über die Richtigkeit des Bohrschen Atommodells. Ein Planckscher Oszillator würde zum Beispiel genau dasselbe Verhalten zeigen. Zur Prüfung der Bohrschen Theorie sind gerade diejenigen Linien von Interesse, bei denen diese einfache Beziehung nicht gilt, bei denen die Anregungsspannung vielmehr aus dem Energieunterschied zwischen dem höheren der beiden in Frage kommenden stationären Zustände und dem Normalzustand zu berechnen ist. Für diese Linien war das der Bohrschen Theorie entsprechende Verhalten bis vor kurzem nicht nur nicht nachgewiesen, sondern es ist sogar von verschiedenen Autoren aus ihren Versuchen geschlossen worden, daß alle höheren Serienlinien erst bei einer höheren Spannung (der Ionisierungsspannung) gleichzeitig auftreten. Es kann jedoch bei dieser Gelegenheit mitgeteilt werden, daß es dem Verfasser dieses Aufsatzes neuerdings gelungen ist, das Auftreten der einzelnen Linien bei bestimmten charakteristischen Anregungsspannungen für Helium Neon und Quecksilberdampf auch für die höheren Serienlinien einwandfrei nach-

zuweisen. Die Anregungsspannungen ergaben sich dabei, soweit sie bisher gemessen worden sind in genauer Übereinstimmung mit den im Sinne der Bohrschen Theorie aus den Serien-terminen zu berechnenden Werten.

Durch die bisher besprochenen Versuchsergebnisse scheint mir die Bohrsche Vorstellung von den stationären Zuständen des Atoms und dem Auftreten der Strahlung bei Übergängen von einem Zustand in den anderen mit Bestimmung der Frequenz durch die Beziehung $h\nu = E_1 - E_2$ so sehr experimentell gestützt zu sein, daß es schwer ist, an ihrer Richtigkeit zu zweifeln. Über den eigentlichen Bau des Atoms und die Bewegung der Elektronen in ihm können sie allerdings nichts aussagen. Daß die verschiedenen stationären Zustände des Atoms sich aber wirklich dadurch unterscheiden, daß eines der Elektronen verschieden fest an das Atom gebunden ist, konnte durch die Messung der Ionisierungsspannungen nachgewiesen werden.

Wie oben bereits gesagt, stellen nach Bohr die Terme der optischen Serien die negativ genommenen und durch h dividierten Werte der Energie des Atoms in seinen verschiedenen Quantenzuständen dar, wobei die Energie des positiven Ions gleich Null gesetzt wird. Die Terme geben daher die Differenz zwischen der Energie des Atoms in dem bestimmten Quantenzustand und der Energie des positiven Ions oder, anders ausgedrückt, die Energie, die nötig ist, um das Atom von dem betreffenden stationären Zustand in den Zustand des positiven Ions zu überführen.

Der Term, welcher dem Normalzustand entspricht, muß daher sein gleich der durch h dividierten Ionisierungsarbeit des Atoms. Dieser Term bedeutet aber im optischen Spektrum die Frequenz der Grenze der Hauptserie, also die Frequenz gegen welche die Frequenz der Linien der Hauptserie mit wachsender Ordnungszahl konvergiert. Die Frequenz der Grenze der Hauptserie muß also mit h multipliziert die Ionisierungsarbeit des Atoms ergeben. Die Messungen der Ionisierungsspannung, die an einer großen Zahl von Elementen ausgeführt worden sind, haben überall da, wo das Spektrum in Serien aufgelöst ist vollkommene Übereinstimmung mit dieser Folgerung aus der Bohrschen Theorie ergeben. Die Reihe der stationären Zustände des Atoms konvergiert also wirklich gegen den Zustand des positiven Ions, das heißt, die höheren stationären Zustände des Atoms entsprechen wirklich immer schwächer werdender Bindung eines der Elektronen des Atoms.

Als ein im Vergleich zu den feinen optischen Messungen rohes Verfahren können die Versuche über die Elektronenstöße keinen Aufschluß geben über die Einzelheiten des Atombaues und die Bewegung der Elektronen im Atom. Dadurch aber, daß sie auf verhältnismäßig sehr einfache Weise die Existenz der stationären Zustände und den Zusammenhang zwischen Energiedifferenz und ausgestrahlter Frequenz nachweisen, sind sie geeignet gerade den Grundhypothesen der Bohrschen Theorie eine starke experimentelle Stütze zu geben.

Röntgenspektren und Bohrsche Atomtheorie.

Von D. Coster, Kopenhagen.

§ 1. Klassifikation der Röntgenspektren.

Als 1913 die ersten Bohrschen Arbeiten über das Wasserstoffspektrum erschienen, war es durch die Arbeiten von Balmer, Rydberg, Ritz, Kayser und andere schon gelungen, die Frequenzen der Spektrallinien der meisten Elemente in den ersten Vertikalreihen des periodischen Systems in übersichtlicher Weise formell darzustellen durch die Differenzen je zweier Spektraltermine, und es waren schon verschiedene Gesetzmäßigkeiten der Spektren dieser Elemente in ihrer Term-darstellung studiert. Von Bohr wurden dann diese Spektraltermine in bekannter Weise in Verbindung gebracht mit den verschiedenen stationären Zuständen des betreffenden Atoms, und zwar wurde jeder einzelne Term gedeutet als die Energie eines bestimmten stationären Zustandes dividiert durch die Plancksche Konstante h . Wollte man nun das Zahlenmaterial, das die Röntgenspektroskopie seit Mosleys Entdeckung im Jahre 1914 in immer anschwellender Fülle lieferte, im Sinne von Bohr zur Vertiefung unserer Kennt-

nisse des Atoms verwerten, so war es in erster Stelle erforderlich, zu versuchen, die Frequenzen der Röntgenlinien in Spektralterminen aufzulösen, die Spektraltermine in ein Schema einzuordnen, und die Gesetzmäßigkeiten dieses Schemas zu studieren. Zur Lösung dieser Aufgabe haben verschiedene Forscher¹⁾ beigetragen. Das Term-schemata für die schwersten Elemente, zu dem man schließlich gelangt ist, wurde schon früher in dieser Zeitschrift²⁾ diskutiert; für das Verständnis des Folgenden möchte ich es hier nochmals kurz besprechen und zu gleicher Zeit die Gelegenheit benützen, etwas näher auf seinen Zusammenhang mit der Bohrschen Theorie einzugehen.

Fig. 1 gibt das Term- oder Niveauschema, so wie wir das für das Edelgas Emanation (86) erwarten müssen. Die horizontalen Geraden geben die verschiedenen Niveaus an, während die ver-

¹⁾ Siehe das Literaturverzeichnis am Schluß.

²⁾ G. Wentzel, Die Naturwissenschaften 10, 369, 1922, und M. v. Laue, Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften 1, 256, 1922.

Tabelle 1.

	K	L _I	L _{II}	L _{III}	M _I	M _{II}	M _{III}	M _{IV}	M _V	N _I	N _{II}	N _{III}
92 U	8477,0	1603,5	1543,1	1264,3	408,9	382,1	317,2	274,0	261,0	106,6	95,7	77,1
90 Th	8073,5	1509,7	1541,5	1200,6	381,6	354,4	298,0	256,6	244,9	98,6	90,2	70,2
83 Bi	6646,7	1207,9	1159,9	990,0	295,0	273,6	234,0	199,4	191,4	71,0	58,7	50,3
82 Pb	6463,0	1169,3	1121,9	960,5	283,8	262,3	226,0	190,5	183,0	66,0	55,4	49,3
81 Tl	6289,0	1132,4	1084,2	933,2	273,9	253,8	219,2	184,8	176,8	63,7	53,6	44,9
80 Hg	6115,9	1094,6	1048,6	906,1	—	—	—	—	—	—	—	—
79 Au	5940,4	1060,2	1014,2	878,5	252,9	235,1	202,8	169,3	163,0	58,0	49,1	42,8
78 Pt	5764,0	1026,8	978,7	852,0	243,4	227,3	198,0	162,3	156,4	52,5	48,7	42,3
74 W	5113,8	890,6	850,1	751,6	207,6	188,9	167,4	137,8	132,2	43,6	35,6	30,6
73 Ta	—	860,3*	821,0	728,6	200,1	181,0*	160,7*	132,8	128,4	41,7	33,0*	30,0*
71 Cp	—	801,1*	763,1*	682,0*	184,5*	167,0*	149,4*	121,7*	117,9*	37,7*	30,9*	27,2*
70 Yb	—	773,4*	735,7*	659,6*	177,5*	161,1*	144,7*	116,8*	113,2*	36,6*	29,9*	26,4*
68 Er	—	718,1*	682,8*	616,0*	163,8*	147,3*	132,2*	107,0*	104,2*	33,2*	26,9*	23,4*
67 Ho	4115,9	692,9*	657,4*	595,0*	157,3*	142,4*	129,0*	103,0*	100,0*	32,1*	26,3*	23,5*
66 Dy	3972,5	666,9*	632,3*	574,1*	150,9*	136,1*	123,7*	98,3*	95,6*	30,8*	25,3*	22,4*
65 Tb	—	642,4*	608,2*	553,8*	145,0*	130,9*	119,4*	94,1*	91,6*	29,3*	24,1*	21,8*
64 Gd	3711,9	617,4*	584,3*	533,7*	138,6*	124,6*	114,2*	89,8*	87,4*	28,3*	22,2*	20,2*
63 Eu	3583,4	593,6*	561,3	514,1	132,9	119,5*	109,6*	85,8	83,5	26,9	21,9*	19,7*
62 Sm	3457,0	570,7*	539,0	495,0	127,1	114,3*	105,3*	81,9	79,9	25,8	20,2*	18,8*
60 Nd	3214,2	525,8*	495,9	457,9	116,6	104,4*	96,4*	74,3	72,7	23,8	18,6*	17,2*
59 Pr	3093,3	504,2*	474,7	439,4	111,4	99,0*	92,1*	70,1	68,6	22,5	18,0*	16,7*
58 Ce	2972,2	483,0*	454,4	421,9	105,9	94,2*	87,8*	66,7	65,4	21,7	17,0*	15,8*
56 Ba	2756,4	442,3	414,7	386,7	95,4	84,9	79,4	58,8	57,7	18,8	15,3	14,4
55 Cs	2649,1	421,8	395,0	369,5	89,6	70,3	74,4	54,8	53,8	18,8	15,3	14,4
53 J	2448,3	382,6	357,6	336,0	—	69,0	64,8	46,8	46,0	—	—	—
52 Te	2345,0	364,1	339,6	320,1	74,5	64,4	60,5	43,2	42,5	12,7	8,8	—
51 Sb	2241,7	346,1	321,9	304,3	69,3	59,9	56,4	39,5	38,8	11,1	7,2	—
47 Ag	1878,9	279,5	260,0	247,3	53,3	43,5	41,2	27,9	27,5	7,5	3,3	—
45 Rh	1709,1	253,4	231,4	220,9	45,8	39,7	38,5	22,5	22,2	5,3	5,0	—
42 Mo	1473,1	211,9	193,9	186,2	37,6	30,5	29,7	17,4	17,2	4,7	3,0	—
41 Nb	1401,3	—	181,4	174,4	35,1	—	—	15,0	14,9	4,0	—	—
40 Zr	1325,8	—	169,6	163,5	31,4	—	—	13,0	—	3,5	—	—
29 Cu	661,1	—	71,3	69,8	—	5,2	—	0	—	—	—	—
28 Ni	612,0	—	62,6	61,3	—	3,3	—	—	—	—	—	—
27 Co	568,9	—	59,7	58,5	—	5,3	—	—	—	—	—	—
26 Fe	523,8	—	53,2	52,2	—	4,0	—	—	—	—	—	—
25 Mn	482,4	—	48,7	47,9	—	4,2	—	—	—	—	—	—
24 Cr	441,1	—	43,0	42,3	—	3,5	—	—	—	—	—	—
23 Va	402,3	—	38,2	37,6	—	2,6	—	—	—	—	—	—
22 Ti	365,4	—	32,6	32,2	—	2,2	—	—	—	—	—	—
21 Sc	331,2	—	30,3	30,0	—	2,7	—	—	—	—	—	—
20 Ca	297,5	—	25,9	25,6	—	2,0	—	—	—	—	—	—
19 K	265,3	—	21,4	21,2	—	0,9	—	—	—	—	—	—
17 Cl	207,8	—	14,8	14,7	—	0,4	—	—	—	—	—	—
16 S	181,8	—	11,8	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—
15 P	158,3	—	9,9	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—
13 Al	114,7	—	5,2	—	—	0	—	—	—	—	—	—
12 Mg	95,8	—	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Interpoliert oder aus einem interpolierten Wert berechnet.

Niveauxerte (T/R).

N _{IV}	N _V	N _{VI}	N _{VII}	O _I	O _{II}	O _{III}	O _{IV}	O _V	P _I	P _{III}	
56,3	53,6	28,4	27,6	23,9	18,2	11,9	8,6	6,0	2,7	1,8	92 U
51,2	48,7	24,8	24,1	19,8	16,2	—	5,5	4,9	0,9	1,6	90 Th
35,7	33,7	13,6	13,0	—	10,2	8,0	2,0	—	—	0,1	83 Bi
32,2	30,5	10,8	10,3	10,3	8,0	6,4	0,8	—	—	—	82 Pb
30,6	29,0	10,0	9,6	10,6	9,1	7,4	1,7	—	—	—	81 Th
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80 Hg
26,4	25,0	6,4	—	7,8	8,3	—	0,8	—	—	—	79 Au
24,5	23,2	5,2	—	7,1	8,6	—	0,4	—	—	—	78 Pt
18,7	17,8	2,5	—	5,2	2,9	—	(0)	—	—	—	74 W
18,0	17,2	2,5	—	5,3	2,6*	—	—	—	—	—	73 Ta
16,2*	15,5*	1,3*	—	4,9*	2,5*	—	—	—	—	—	71 Cp
15,2*	14,6*	1,0*	—	—	2,5*	—	—	—	—	—	70 Yb
13,4*	12,8*	0,3*	—	4,1*	2,4*	—	—	—	—	—	68 Er
12,7*	12,2*	0,1*	—	—	2,4*	—	—	—	—	—	67 Ho
11,9*	11,4*	(—0,2)*	—	2,9*	2,5*	—	—	—	—	—	66 Dy
11,5*	11,1*	—	—	3,5*	2,4*	—	—	—	—	—	65 Tb
11,0*	10,6*	—	—	3,5*	2,4*	—	—	—	—	—	64 Gd
10,4	10,1	—	—	2,9	—	—	—	—	—	—	63 Eu
10,1	9,8	—	—	3,0	2,3*	—	—	—	—	—	62 Sm
9,6	9,3	—	—	3,2	2,5*	—	—	—	—	—	60 Nd
8,8	8,5	—	—	2,6	2,2*	—	—	—	—	—	59 Pr
8,7	8,5	—	—	3,1	2,2*	—	—	—	—	—	58 Ce
7,1	6,9	—	—	2,1	2,4	—	—	—	—	—	56 Ba
6,1	5,9	—	—	2,1	1,7	—	—	—	—	—	55 Cs
4,4	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53 J
3,4	3,3	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	52 Te
2,3	2,2	—	—	(0)	0,1	—	—	—	—	—	51 Sb
0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47 Ag
(—0,3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45 Rh
0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42 Mo
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41 Nb
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40 Zr
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29 Cu
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28 Ni
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27 Co
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26 Fe
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25 Mn
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24 Cr
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23 V
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22 Ti
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21 Sc
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20 Ca
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19 K
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17 Cl
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16 S
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15 P
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13 Al
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12 Mg

tikalischen Pfeile die möglichen Übergänge, mit denen die Aussendung der betreffenden Spektrallinien verknüpft ist, darstellen. Eine Röntgenlinie kommt dadurch zustande, daß erst aus dem Inneren des Atoms durch Bombardement mit Kathodenstrahlen oder durch Strahlungsabsorption ein Elektron entfernt wird, und dann ein Elektron, aus einer weniger stark gebundenen Gruppe in die leere Stelle „hineinfällt“. Die Energieniveaus im Schema 1³⁾ stellen also die verschiedenen möglichen Energiezustände eines Atoms dar, das ein Elektron aus seinem Inneren verloren hat, oder wie man sagen könnte, eines einfach ionisierten Atoms⁴⁾. Die verschiedenen Niveaus sind charakterisiert durch ein Zahlensymbol der Form

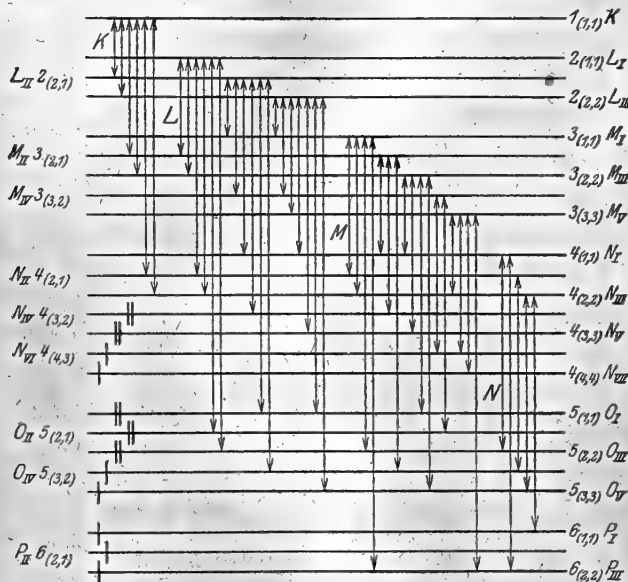


Fig. 1.

$n(k_1, k_2)$. Die Übergänge zwischen den Niveaus sind folgenden Bedingungen unterworfen: 1. k_1 ändert sich immer um eine Einheit, 2. k_2 ändert sich um eine Einheit oder bleibt konstant, 3. n kann nicht konstant bleiben. In der Figur sind in der Regel nur die Linien eingetragen, welche für Elemente in der Umgebung des Edelgases Emanation wirklich gemessen sind (die *K*-Linien sind wegen experimenteller Schwierigkeiten in diesem Gebiet noch nicht studiert). Wie wir sehen, genügen alle diese Linien den Auswahlregeln⁵⁾. Weiter sind auch fast ausnahmslos alle Übergänge, die infolge der gegebenen Regel möglich sind, von Spektrallinien vertreten. Die

³⁾ Die Distanzen zwischen den verschiedenen Niveaus sind in der Figur deuthlichkeitshalber nicht proportional mit deren Energiedifferenz gezeichnet.

⁴⁾ Es gibt noch einige schwächere Röntgenlinien, die von mehrfach ionisierten Atomen ausgesandt werden (vgl. (8), (9) und (10) des Literaturverzeichnisses). Die diesbezüglichen Niveaus sind in die Figur nicht aufgenommen.

⁵⁾ Immerhin wurden bei einigen Elementen einige sehr schwache Linien beobachtet, deren Auftreten einen Verstoß gegen die ersten zwei Regeln bedeutet.

Ausnahmen sind nur bei Kombinationen mit *O*- oder *P*-Niveaus zu finden, teils weil die entsprechenden Spektrallinien zu große Wellenlängen haben, um mit unseren jetzigen Hilfsmitteln gemessen werden zu können (*N*-Linien), teils wegen anderer experimentellen Schwierigkeiten.

Mit Hilfe des Niveauschemas der Fig. 1 kann man jetzt aus den empirisch gefundenen Werten der Röntgenemissionslinien oder Absorptionsdiskontinuitäten die verschiedenen Spektraltermen („Niveauwerte“) berechnen. Sie sind, ausgedrückt in Vielfachen der Rydbergschen Konstante, zusammengestellt worden in Tabelle 1 ($= 109\,737\text{ cm}^{-1}$ welches korrespondiert mit 13,54 Volt). Diese Tabelle ist eine Arbeit von Bohr und dem Verfasser entnommen (11)⁶⁾. Für die Angabe der bei der Zusammenstellung der Tabelle benutzten Arbeiten und weitere Besonderheiten sei auf diese Arbeit verwiesen. Die *N*- und *O*-Werte der schwersten Elemente sind teilweise von neuem berechnet, wobei die neuen Messungen von Hjalmar (12) in der *M*- und *N*-Serie benutzt werden konnten. Weiter sind einige Werte für *P*-Niveaus hinzugefügt. Es muß hier aber darauf hingewiesen werden, daß ein großer Teil der *M*-Linien und die *N*-Linien nur für die Elemente U und Th gefunden werden konnten, was ihre Identifikation etwas unsicher macht. Dies und die experimentellen Fehler, welche schon den *M*-Niveaus anhaften, machen natürlich die *N*-, *O*- und *P*-Niveaus ziemlich unsicher. Sehr oft kann hier der Fehler bis zwei Einheiten in den Frequenzen betragen, in einzelnen Fällen sogar etwas mehr.

§ 2. Bohrs Theorie des Atombaus⁷⁾.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Gruppen und Untergruppen der Elektronen im normalen Atom bei denjenigen Elementen, für die es möglich ist, auch auf die Besetzung der äußeren Elektronengruppen mit ziemlich großer Sicherheit zu schließen⁸⁾. Die verschiedenen Elektronengruppen sind durch zwei Quantenzahlen n und k charakterisiert, welche dieselbe Bedeutung haben wie diejenige, die in Sommerfelds Theorie der Feinstruktur des Wasserstoffspektrums auftreten. Wo noch einige Unsicherheit für die äußersten Gruppen herrscht, ist dies in den Tabellen angegeben durch die Einklammerung der Zahl der Elektronen mit den höchsten Quantenzahlen. Aus der Tabelle ist zu ersehen, bei welchem Element ein Elektron einer bestimmten Gruppe zum ersten Male auftritt.

Bohrs Theorie gibt nun sowohl Rechenschaft von der Periodizität in den Eigenschaften der Ele-

⁶⁾ Die eingeklammerten Zahlen verweisen nach dem Literaturverzeichnis am Schluß.

⁷⁾ Im folgenden werden diejenigen Resultate der Bohrschen Theorie, welche für eine weitere Diskussion in § 3 besonders von Interesse sind, nochmals kurz zusammengestellt.

⁸⁾ Siehe vor allem auch die farbige Atomtafel neben S. 556.

Tabelle 2. Elektronenbahntypen der Elemente.

	1 ₁	2 ₁ 2 ₂	3 ₁ 3 ₂ 3 ₃	4 ₁ 4 ₂ 4 ₃ 4 ₄	5 ₁ 5 ₂ 5 ₃ 5 ₄ 5 ₅	6 ₁ 6 ₂ 6 ₃ 6 ₄ 6 ₅ 6 ₆	7 ₁ 7 ₂
1 H	1						
2 He	2						
3 Li	2	1					
4 Be	2	2					
5 B	2	2 (1)					
— —	—	— —					
10 Ne	2	4 4					
11 Na	2	4 4	1				
12 Mg	2	4 4	2				
13 Al	2	4 4	2 1				
— —	—	— —	— —				
18 A	2	4 4	4 4				
19 K	2	4 4	4 4	1			
20 Ca	2	4 4	4 4	2			
21 Sc	2	4 4	4 4 1	(2)			
22 Ti	2	4 4	4 4 2	(2)			
— —	—	— —	— — —	—			
29 Cu	2	4 4	6 6 6	1			
30 Zn	2	4 4	6 6 6	1			
31 Ga	8	4 4	6 6 6	2 1			
— —	—	— —	— — —	—			
36 Kr	2	4 4	6 6 6	4 4			
37 Rb	2	4 4	6 6 6	4 4	1		
38 Sr	2	4 4	6 6 6	4 4	2		
39 Y	2	4 4	6 6 6	4 4 1	(2)		
40 Zr	2	4 4	6 6 6	4 4 2	(2)		
— —	—	— —	— — —	— — —	—		
47 Ag	2	4 4	6 6 6	6 6 6	1		
48 Cd	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2		
49 In	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2 1		
— —	—	— —	— — —	— — —	— —		
54 X	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4		
55 Cs	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	1	
56 Ba	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	2	
57 La	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4 1	(2)	
58 Ce	2	4 4	6 6 6	6 6 6 1	4 4 1	(2)	
59 Pr	2	4 4	6 6 6	6 6 6 2	4 4 1	(2)	
— —	—	— —	— — —	— — —	— — —	—	
71 Cp	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 1	(2)	
72 Hf	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 2	(2)	
— —	—	— —	— — —	— — —	— — —	—	
79 Au	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	1	
80 Hg	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2	
81 Tl	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2 1	
— —	—	— —	— — —	— — —	— — —	— —	
86 Em	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	
87 —	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	1
88 Ra	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	2
89 Ac	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 1	(2)
90 Th	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 2	(2)
— —	—	— —	— — —	— — —	— — —	— —	—
118?	2	4 4	6 6 5	8 8 8 8	8 8 8 8	6 6 6	4 4

mente, wie sie im periodischen System **2000** Ausdruck kommt, wie von den an einzelnen Stellen des Systems auftretenden Abweichungen der Periodizität. Die chemischen und optischen Eigenschaften der Elemente hängen in erster Stelle von den äußersten Elektronengruppen ab, und die Periodizität dieser Eigenschaften beruht auf einer Art Wiederholung dieser Elektronengruppen. Auf Tabelle 2 geht dies für die ersten Elemente der Perioden hervor. Wenn wir zum Beispiel die Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb und Cs) und das unbekannte Element 87) betrachten, so sehen wir, daß hier mit Ausnahme von Lithium, das sich auch im allgemeinen nicht so nahe den anderen Alkalimetallen anschließt, die zwei äußersten Elektronengruppen große Übereinstimmung zeigen. Der Unterschied ist nur, daß die Hauptquantenzahlen dieser Gruppen für jedes folgende Alkalimetall um eins größer werden. Die Elektronen, welche sich im allgemeinen in rotierenden exzentrischen Bahnen bewegen, tauchen während ihres Umlaufes in die weiter innen liegende Elektronenhülle hinein, und der oben erwähnte Unterschied der Hauptquantenzahlen der äußersten Elektronengruppen homologer Elemente ist vor allem einem Unterschied in dem inneren Teil der Bahnen zuzuschreiben, während die äußeren Schlingen der betreffenden Bahnen einander sehr ähnlich sind.

Die Abweichungen von der Periodizität werden in Zusammenhang gebracht mit der Ausbildung einer inneren Elektronengruppe. Die verschiedenen Untergruppen von Elektronen treten nämlich nicht in der Reihenfolge im periodischen System auf, wie sie in der oberen Zeile der Tabelle angegeben worden sind. Wenn wir z. B. von Argon zum Kalium übergehen, so ist das neue Elektron, das gebunden wird, nicht ein 3_s -, sondern ein 4_s -Elektron, das für K stärker gebunden ist als ein Elektron in einer 3_s -Bahn. Ein gutes Verständnis dieses Umstandes ist von Bedeutung für eine richtige Einsicht in Bohrs Theorie. Wenn wir den Bindungsprozeß eines einzigen Elektrons durch einen positiven Kern betrachten, so wie er im Falle der Aussendung des Wasserstoffspektrums stattfindet, so ist in erster Annäherung die Bindungsenergie umgekehrt proportional mit der zweiten Potenz der Hauptquantenzahl, und in diesem Falle ist das Elektron in einer 3_s -Bahn stärker gebunden als in einer 4_s -Bahn. Im Falle des Kaliums liegen die Verhältnisse jedoch komplizierter. Während der Bindung des 19. Elektrons ist der Kern schon von 18 Elektronen umgeben. Wegen der starken Exzentrizität der 4_s -Bahn ist der Minimalabstand des Elektrons, das sich in dieser Bahn bewegt, zu dem Kern geringer als die Dimensionen der Bahnen der früher gebundenen Elektronen. Das Elektron, das in einer 4_s -Bahn gebunden ist, taucht also während seines Umlaufes ganz in die innere Elektronenhülle hinein, so daß es in einem Teil seiner Bahn selbst noch näher an den Kern herankommt als

die Elektronen, welche in 1_s -Bahnen gebunden sind. Ein Elektron in einer zirkularen 3_s -Bahn hingegen bleibt während seines Umlaufes an der Außenseite des Atoms. Es ist also klar, daß für Kalium der Einfluß der übrigen 18 Elektronen auf die Stärke der Bindung des 19. Elektrons anders in Rechnung gebracht werden muß, wenn dies in einer 4_s -Bahn, als wenn es in einer 3_s -Bahn gebunden wird. Und aus dem optischen Spektrum kann man ablesen, daß dieser Unterschied in „Abschirmung“ der übrigen Elektronen auf das 19. Elektron für die zwei besprochenen Bahntypen so viel ausmacht, daß ein Elektron in einer 4_s -Bahn bei Kalium stärker gebunden ist als in einer 3_s -Bahn, so daß diese erste Bahn auch wirklich im normalen Kaliumatom auftritt. Ähnliches gilt noch für Ca, wo schon zwei 4_s -Elektronen vorhanden sind. Für die Elemente mit höherer Ordnungszahl wird aber der Einfluß der 18 erst gebundenen Elektronen relativ zur Kernladung immer kleiner, und wir müssen erwarten, daß schließlich ein Element kommen muß, wo ein Elektron in einer 3_s -Bahn in dasselbe Gebiet des Atoms gelangt wie die bereits vorhandenen Elektronen der dreiquantigen Gruppe, und stärker gebunden ist als das in einer 4_s -Bahn, und für dies Element wird dann auch wirklich im normalen Atom ein 3_s -Elektron auftreten. Dies ist schon bei Scandium der Fall, und bei diesem Element beginnt dann die Ausbildung der inneren dreiquantigen Elektronengruppen von einer Gruppe von 8 Elektronen, verteilt in zwei Untergruppen, zu einer Gruppe von 18 Elektronen, verteilt in drei Untergruppen. Wie die Ausbildung der dreiquantigen Elektronengruppe vor sich geht, ist nicht näher bekannt; wir wissen nur, daß sie die Ursache ist der Anomalie in der bezüglichen Elementenreihe (Eisentriade), und daß im normalen Kupferatom die vollständige Ausbildung dieser Gruppe erreicht ist. Einer Art Wiederholung des beschriebenen Vorganges begegnen wir in der Elementenreihe Y (39) — Ag (47), wo in ganz analoger Weise die vierquantige Elektronengruppe sich von einer Gruppe von 8 zu einer Gruppe von 18 ausbildet. Beim La (57) scheint dann eine Elementenreihe anzufangen, wo die Ausbildung der fünfquantigen Elektronengruppe von 8 zu 18 Elektronen vor sich geht. In dem normalen Atom des Lanthans und der Elemente mit niedrigerer Atomzahl sind aber noch keine Elektronen in 4_s -Bahnen vorhanden, weil für diese Elemente das Elektron in einer zirkularen 4_s -Bahn, aus analogen Gründen, wie das soeben bei der Bindung des 3_s -Elektrons besprochen wurde, schwächer gebunden ist als das 5- oder 6quantige Valenzelektron. Wenn man aber zu Elementen mit höherer Ordnungszahl übergeht, so muß man auch erwarten, daß man schließlich auf ein Element stößt, wo das 55. Elektron in einer 4_s -Bahn mindestens so stark gebunden ist wie die 6quantigen Valenzelektronen. Dies ist nun bei Ce (58) schon

der Fall, und hier fängt eine Reihe von Elementen an, wo die innere 4quantige Elektronengruppe von einer Gruppe von 18 Elektronen, verteilt in drei Untergruppen von 6 Elektronen, zu einer Gruppe mit vier Untergruppen von je 8 Elektronen komplettiert wird. Während dieser Komplettierung bleibt die Besetzung der 5- und der 6quantigen Gruppen so, wie sie schon

aus der Bohrschen Theorie in jüngster Zeit an der Entdeckung des Elementes Hafnium Anlaß gegeben (13). Eine schöne Erläuterung des oben Gesagten gibt die aus den Bohrschen Arbeiten übernommene Fig. 2, wo die homologen Elemente durch Striche verbunden sind, während die Elemente, wo eine Ausbildung einer inneren Gruppe stattfindet, eingerahmt sind.

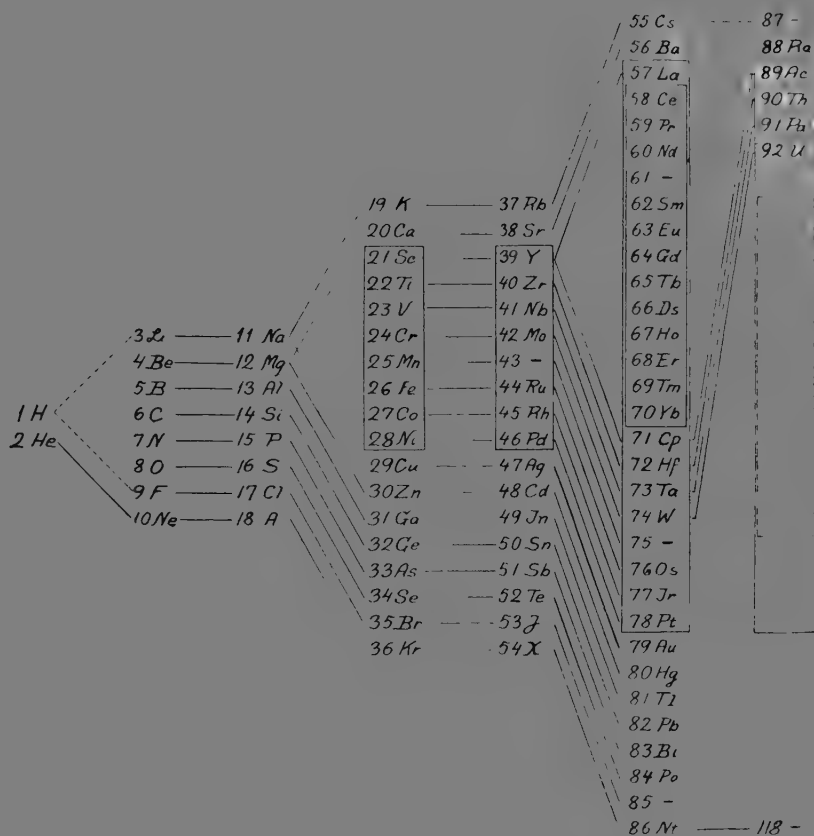


Fig. 2.

bei Lanthan war, und diesem Umstand ist die große Ähnlichkeit der seltenen Erden, was ihre chemischen Eigenschaften betrifft, zuzuschreiben. Bei Cp (71) ist die 4quantige Elektronengruppe vollständig, und bei dem nächsten Element Hf (72) kann die eben bei Lanthan angefangene Ausbildung der 5quantigen Gruppe von einer Gruppe von zweimal 4 zu einer Gruppe von dreimal 6 Elektronen weitergehen, eine Ausbildung einer inneren Gruppe vom selben Charakter, so wie wir ihr schon bei den Elementen 21–29 (hier ist es die 3quantige Gruppe) und bei den Elementen 39–47 (die 4quantige Gruppe) begegnet sind. Hieraus muß man schließen, daß das Element 72 mit Zirkon chemisch homolog ist, ebenso wie die auf 72 folgenden Elemente mit den beziehungsweise auf Zirkon folgenden Elementen homolog sind. Bekanntlich hat diese Folgerung

§ 3. Bestätigung der Bohrschen Theorie durch die Röntgenspektroskopie.

Wie wir im vorigen Paragraphen gesehen haben, ist es Bohr gelungen, für sehr viele Elemente die Gruppenanteile der Elektronen im Atom und deren Bahntypen anzugeben. Im besonderen war es ihm möglich, festzustellen, an welcher Stelle des periodischen Systems eine Elektronenbahn eines bestimmten Typus zum ersten Male auftritt. Einer der schönsten Erfolge seiner Theorie war es weiter, daß Bohr in stande war, die Unregelmäßigkeiten im periodischen System in ganz natürlicher Weise mit einem weiteren Ausbau einer inneren Elektronengruppe im Zusammenhang zu bringen, der sich als eine notwendige Folge der benützten allgemeinen quantentheoretischen Annahmen über die Elek

tronenbahnen ergibt. Es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, den Ausbau einer inneren Elektronengruppe im einzelnen zu verfolgen, wohl aber kann man in allen Fällen genau angeben, wo dieser Ausbau seinen Anfang nimmt, und bei welchem Element die bezügliche Elektronengruppe wieder zum ersten Male eine abgeschlossene Konfiguration erreicht hat. Wir werden im folgenden sehen, wie die Aussagen der Bohrschen Theorie in bezug auf das erstmalige Auftreten eines bestimmten Elektronenbahntypus und die Ausbildung der inneren Elektronengruppen durch eine nähere Untersuchung der Röntgenspektren bestätigt werden. Diese Bestätigung erscheint um so wertvoller, wenn man bedenkt, daß sie erst nach der Aufstellung der Theorie im Jahre 1921, durch die neuen im Lunder Institute ausgeführten Messungen, erbracht werden konnte.

Wir werden jetzt zu einer näheren Betrachtung der Fig. 1 übergehen. Die Figur gibt die Niveaus und die zugehörigen Linien an, wie wir sie für das Edelgas Emanation erwarten müssen. Außerdem sind die Niveaus, welche zwischen Emanation und Xenon wegfallen, mit einem vertikalen Strich angedeutet, während die mit zwei vertikalen Strichen versehenen Niveaus zwischen Xenon und Krypton ausfallen. Die Niveaus sind durch Zahlensymbole der Form $n(k_1, k_2)$ charakterisiert, und es sind hier dieselben Werte von n und k benutzt, wie in der Tabelle 2 für die Quantensymbole der Untergruppen von Elektronen der drei Edelgase Em, Xe, Kr. Eine Komplikation tritt aber dadurch auf, daß es mehr Niveaus als Untergruppen von Elektronen im Atom gibt, und hiermit steht gerade die Einführung von zwei k -Werten für die Niveaus in Zusammenhang. Wenn wir uns einen Augenblick denken, daß die Niveaus mit ungleichen Werten für k_1 und k_2 und deren zugehörige Linien (das sind also die Niveaus, wo in der Figur die Symbole zur linken Seite geschrieben sind) wegfallen, so bekommen wir ein Schema, wie wir es vielleicht zunächst erwarten sollten. Mit jeder Elektronengruppe im Atom korrespondiert jetzt ein Niveau, und die Übergänge zwischen den Niveaus sind der Bedingung unterworfen, daß die azimutale Quantenzahl k (wir brauchen in dem vereinfachten Schema nur einen k -Wert beizubehalten) sich um eine Einheit ändert, eine Auswahlregel, die wir schon von den optischen Spektren her kennen, und die dort durch das Korrespondenzprinzip begründet wird. Diese Niveaus mit gleichen k -Werten werden von Bohr „normale“ Niveaus genannt. Wie eine eingehende Untersuchung des empirischen Materials gezeigt hat, treten die zu einem normalen Niveau gehörigen Linien erst dort im periodischen System auf, wo die zugehörige Untergruppe von Elektronen anfängt aufzutreten; die bezüglichen Linien sind anfangs sehr schwach, aber ihre Intensität relativ zu den anderen Linien wächst, wenn die zugehörige Untergruppe von

Elektronen sich ausbildet⁹⁾. Für eine nähere Diskussion dieser Frage sei auf die Arbeiten (9) verwiesen.

Die Niveaus mit ungleichen Werten für k_1 und k_2 werden als „anomale“¹⁰⁾ Niveaus bezeichnet. Rein empirisch hängt ein „anomal“ Niveau mit zwei normalen Niveaus in folgender Weise zusammen. Wenn man im periodischen System von leichteren nach schwereren Elementen fortschreitet, tritt ein anomales Niveau zu gleicher Zeit auf mit dem normalen Niveau derselben Gruppe, für das k_1 denselben Wert hat, und es bildet mit diesem Niveau ein „Relativitätsdublett“, während es mit dem normalen Niveau, mit dem es den Wert für k_2 gemeinsam hat, ein „Abschirmungsdublett“ bildet. Zur Erläuterung dieses Sachverhaltes möchten wir das Folgende anführen. Der Unterschied in der Bindungsstärke der Elektronen zweier Untergruppen mit derselben Hauptquantenzahl, aber verschiedener azimutaler Quantenzahl ist erstens bedingt durch die relativistische Massenveränderlichkeit des Elektrons. Diese bewirkt einen Energieunterschied, der in erster Annäherung mit der vierten Potenz der effektiven Kernladung ansteigt und der bei den Kernladungszahlen 1 und 2 nach Sommerfeld für die Feinstruktur des Wasserstoffspektrums und des ihm ähnlichen Heliumfunktenspektrums ausschlaggebend ist. Weiter ist die Bindungsstärke dadurch verschieden, daß wegen der verschiedenen Lagen der betrachteten Elektronen relativ zu den übrigen Elektronen im Atom der Einfluß der letzteren auf die Bindungsstärke des ersteren in den zwei Fällen nicht dieselbe ist. Dieser Unterschied der Abschirmungswirkung der übrigen Elektronen gibt, wie leicht einzusehen ist, Anlaß zu einem Energieunterschied, der mit der ersten Potenz der effektiven Kernladung wächst. In schöner Übereinstimmung hiermit ist, daß die Energiedifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden „normalen“ Niveaus sich zusammensetzen läßt aus zwei Teilen: einem Relativitätsterm und einem Abschirmungs-

⁹⁾ In einigen Fällen scheint eine Komplikation vorzuliegen. Es sind hier und da sehr schwache Linien beobachtet, wo keine Elektronen in der entsprechenden Untergruppe des normalen Atoms da sind. Ein Beispiel ist die Linie $K\beta_2$ bei den Elementen mit niedriger Ordnungszahl als Ga. Die Existenz dieser Linie ist abhängig von der Anwesenheit eines 4s-Elektrons im Atom, welches Elektron im normalen Atom bei diesen Elementen nach Bohr noch nicht anwesend ist. Man kann sich aber vorstellen, daß die Linie $K\beta_2$ bei diesen Elementen dadurch zustande kommt, daß erst eines der zwei K-Elektronen aus seiner Bahn in eine „optische“ Bahn an der Oberfläche des Atoms übergeführt wird und dann wieder in die K-Gruppe zurückfällt. Jedenfalls ist die Linie $K\beta_2$ in dem bezüglichen Gebiet außerordentlich schwach. Auch bei den Elementen Pd und Rh hat man vielleicht für die Linie L_{γ_4} eine ähnliche Komplikation.

¹⁰⁾ Mit den Bezeichnungen „normal“ und „anomal“ für die Niveaus wird durchaus nicht gemeint, daß diese Niveaus sich rein empirisch, z. B. durch verschiedene Intensität der zugehörigen Linien usw. verschieden verhalten sollten.

term. Überraschend ist aber der Umstand, daß durch das Auftreten der „anormalen“ Niveaus diese beiden Terme isoliert zutage treten. Die dadurch verursachte Komplexität der Röntgen-serien ist theoretisch noch ganz ungeklärt, ebenso wie für die in § 1 besprochene empirische Auswahlregel, insoweit es die anomalen Niveaus betrifft, eine Erklärung aussteht.

ungefähr parallel verlaufen, während die Relativitätsdubletten kenntlich sind durch das immer raschere Anwachsen der Abstände zwischen den Bildkurven zweier aufeinanderfolgenden Niveaus. Unten an der Figur sind durch vertikale Striche die Stellen angegeben, wo nach Bohr im normalen Atom zum ersten Male eine Bahn auftritt mit bestimmten Werten von n und k . Diejenigen Stellen

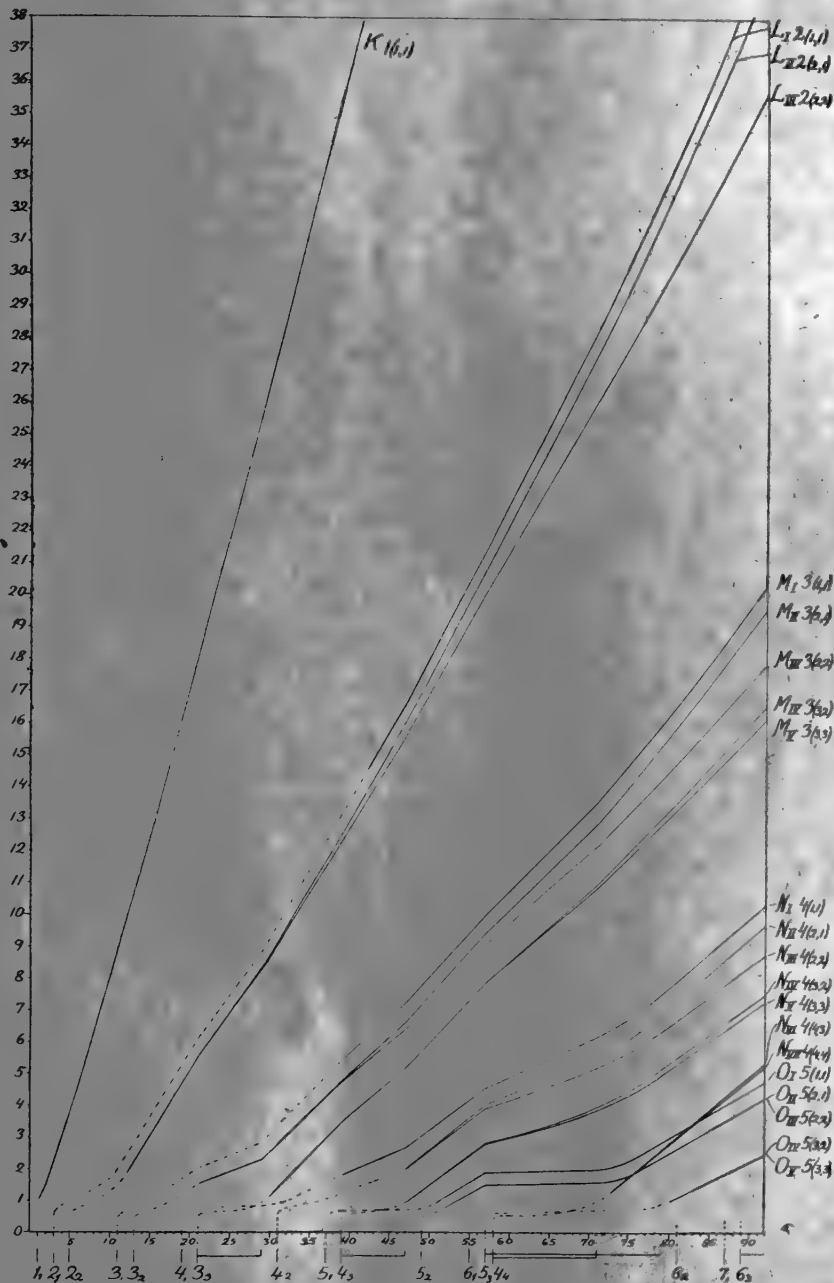


Fig. 3.

Das gegenseitige Verhalten der verschiedenen Niveaus wird in Fig. 3 zum Ausdruck gebracht. Als Ordinaten stehen hier die Wurzeln aus den Termwerten, als Abszissen die Ordnungszahlen. Die Abschirmungsdublette treten auf zwischen den Niveaupaares, deren Bildkurven in der Figur

im periodischen System, wo, wie wir in § 2 gesehen haben, nach Bohr eine Ausbildung einer inneren Elektronengruppe stattfindet, sind außerdem unten an der Figur durch horizontale Linien gekennzeichnet. Wie sogleich aus der Figur ersichtlich ist, treten gerade an diesen Stellen Un-

regelmäßigkeiten in dem Verlauf der Niveaueurven, auf, und zwar kann man aus diesen Unregelmäßigkeiten schließen, daß während der Ausbildung einer inneren Elektronengruppe die Bindungsstärke sowohl der zu dieser Gruppe als auch der zu den anderen Gruppen gehörigen Elektronen

Elektronen Rücksicht zu nehmen. Den Einfluß aller übrigen Elektronen auf die Ablösungsarbeit eines bestimmten Elektrons kann man formal dadurch in Rechnung bringen, daß man in dem Ausdruck für die Energie die Kernladungszahl um eine bestimmte Zahl, die „Abschirmungszahl“,

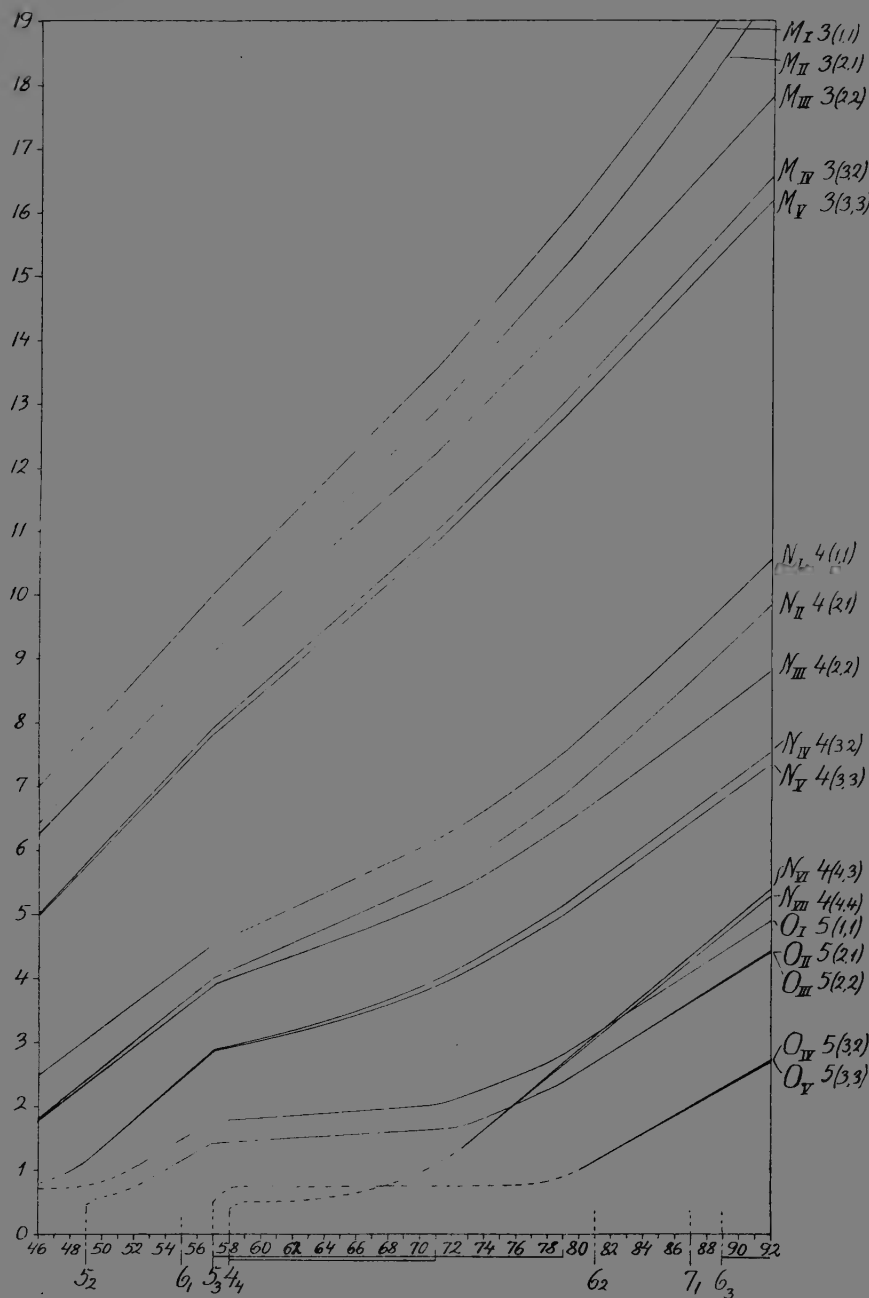


Fig. 4.

langsamer zunimmt als in anderen Teilen des periodischen Systems. Dies ist gerade das, was man erwarten möchte. Bei der Betrachtung der Ablösungsarbeit eines Elektrons in einem bestimmten Bahntypus hat man sowohl auf die Größe der Kernladung als auf die Anzahl und die Verteilung der übrigen zum Atom gehörigen

verringert (11). Zu dieser Abschirmungszahl liefern sowohl die Elektronen der mehr nach innen gelegenen Gruppen und die derselben Gruppe als auch die der äußeren Gruppen einen Beitrag. (Daß auch die Elektronen der äußeren Gruppen ihren Beitrag zu der Abschirmungszahl liefern, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt,

daß, wenn ein Elektron aus dem Atom herausgeholt wird, die äußeren Elektronen stärker gebunden werden. Diese Vermehrung der Bindungsenergie der äußeren Elektronen kommt der Ablösungsarbeit des betrachteten Elektrons zugute.) Es ist nun leicht einzusehen, daß während des Ausbaus einer inneren Elektronengruppe die Abschirmungszahl für die Elektronen dieser Gruppe schnell zunimmt, was in der schwächeren Neigung der Niveaueurve an den entsprechenden Stellen zutage tritt. Dieser Einfluß wird sich auch noch bei der Abschirmung der sich innerhalb dieser Gruppe befindenden Elektronengruppen geltend machen wegen der „dichteren Packung“ der Elektronen der in Ausbildung begriffenen Gruppe. Leider sind in vielen Fällen die experimentellen Fehler beinahe von derselben Größenordnung wie die betreffenden Effekte. In der Nähe der seltenen Erden, wo die besprochenen Eigentümlichkeiten experimentell am meisten gesichert sind, begegnen wir noch einigen neuen Erscheinungen von ganz besonderer Art. In Fig. 4 sind die betreffenden Niveaus für dieses Gebiet deutlichkeitshalber in größerem Maßstab eingetragen. In den seltenen Erden treten nach Bohr zum ersten Male die $4f$ -Elektronen im normalen Atom auf, und hier entwickelt sich die vierquantige Elektronengruppe von einer Gruppe von 18 zu einer Gruppe von 32 Elektronen, und das Besondere dieser Elementenreihe ist gerade, daß sich außerhalb der in Ausbildung begriffenen Elektronengruppe schon zwei neue Elektronengruppen befinden, von denen die eine, die fünfquantige Gruppe, schon bei X einen vorläufigen Abschluß erreicht hat. Wo man die Bindungsenergie der $4f$ -Elektronen für diese Elemente noch hat messen können (das ist noch bis zu Dy (66) der Fall), hat sich gezeigt, daß diese Energie von derselben Größenordnung ist wie die der sechs- und fünfquantigen Valenzelektronen. Wenn aber einmal die vierquantige Elektronengruppe abgeschlossen ist, wächst die Bindungsenergie der $4f$ -Elektronen

sehr schnell, und wir sehen, daß die entsprechenden Niveaus N_{VI} und N_{VII} in der Figur zwischen W (79) und Bi (83) die Niveaus O_I , O_{II} und O_{III} überkreuzen. Während des Hinzukommens der $4f$ -Elektronen wächst die Bindungsenergie der fünfquantigen Elektronen, deren Bahnen größtenteils außerhalb der $4f$ -Bahnen liegen, nur sehr wenig, was in dem ganz flachen Verlauf der entsprechenden Niveaueurve in diesem Gebiet deutlich zutage tritt. Die Eigentümlichkeiten der anderen N -Kurven und der M -Kurven weisen deutlich darauf hin, daß die Ausbildung der vierquantigen Elektronengruppe in der Nähe von Ce anfängt. Daß beim Ende der seltenen Erden die Kurven mehr allmählich ihre Neigung ändern, muß wohl damit zusammenhängen, daß hier sich schon die Ausbildung der fünfquantigen Elektronengruppe bemerkbar macht.

Es war meine Absicht, in diesem Aufsatz nur die wichtigsten Ergebnisse der Röntgenspektroskopie und ihr Verhältnis zum gegenwärtigen Stand der Theorie des Atombaus hervorzuheben. Für Einzelheiten muß ich auf die unten zitierten Arbeiten verweisen.

Literatur¹⁾.

1. W. Kossel, Zs. für Phys. 1, 119, 1920.
2. A. Sommerfeld, Zs. für Phys. 1, 135, 1920.
3. A. Smekal, Zs. für Phys. 5, 91, 1921, und 5, 121, 1921.
4. D. Coster, Zs. für Phys. 5, 139, 1921, und 6, 185, 1921.
5. G. Wentzel, Zs. f. Phys. 6, 84, 1921, und 8, 85, 1921.
6. A. Sommerfeld und G. Wentzel, Zs. f. Phys. 7, 86, 1921.
7. A. Dauvillier, C. R. 172 und 173, 1921.
8. G. Wentzel, Ann. d. Phys. 66, 437, 1921.
9. D. Coster, Phil. Mag. 43, 1070, 1922, und 44, 576, 1922.
10. S. Rosseland, Phil. Mag. 45, 65, 1923.
11. N. Bohr und D. Coster, Zs. für Phys. 12, 342, 1922.
12. E. Hjalmar, Zs. für Phys. 15, 65, 1923.
13. D. Coster und G. Hevesy, Nature 20, Jan., 10. Febr., 24. Febr., 7. April 1923. — Die Naturwissenschaften 11, 133, 1923.

Bandenspektren und Molekülmodelle.

Von A. Kratzer, Münster i. W.

Ähnlich wie in der Theorie der Linienspektren lassen sich auch bei den Bandenspektren zwei verschiedene Betrachtungsweisen unterscheiden. Die eine geht von mehr oder minder idealisierten Modellen aus und setzt sich die Aufgabe, Typus und allgemeine Gesetze des Spektrums aus den Bewegungsvorgängen im Modelle abzuleiten. Die zweite Betrachtungsweise, die die erste mit einschließt, hat ihr Ziel weitergesteckt: Aus möglichst genauen Molekülmodellvorstellungen, die aus der Erfahrung bloß Atomgewicht und Kernladungszahl unmittelbar benutzen wollen, soll das Spektrum nicht bloß qualitativ, sondern auch in seinen Zahlenkonstanten theoretisch festgelegt werden. Da dieses Problem das allgemeinere ist, wollen wir zunächst uns ihm zuwenden.

1. Die theoretischen Molekülmodelle. Wir fragen uns nach dem einfachst denkbaren Molekül. Das einfachste Atom ist das des Wasserstoffs, in dem ein Kern und ein Elektron sich nach dem Coulombschen Gesetze anziehen. Die Festlegung der möglichen Bewegungszustände ist das Zweikörperproblem der Astronomie, dessen Lösung keine Schwierigkeiten bietet. Auch die Auswahl der quantenmäßig ausgezeichneten Bewegungen läßt sich nach Bohr durchführen, so daß das Spektrum des Wasserstoffatoms theoretisch in allen Einzelheiten zahlenmäßig herleitbar ist. Wesentlich ändern Verhältnissen begegnen wir

¹⁾ Es wurde hier nur die Literatur seit Anfang 1920 berücksichtigt.

beim einfachsten Molekül. Dieses muß aus zwei Atomen aufgebaut sein, also zwei Kerne und mindestens ein Elektron enthalten. Das Wasserstoffmolekül H_2 ist bereits schwieriger zu behandeln, da es zwei Elektronen enthält. Unserem einfachsten Modell entspricht die ionisierte Wasserstoffmolekel H_2^+ . Seine Berechnung ist astronomisch gesprochen das Dreikörperproblem, das keine allgemeine Lösung in geschlossener Form hat. Doch ist dies für uns nicht von Belang, da unser Problem eine Spezialisierung gestattet, die eine Berechnung ermöglicht. Da die Masse der Kerne gegenüber der des Elektrons sehr groß ist, werden ihre Geschwindigkeiten im Verhältnis zu der des Elektrons klein und man kann in erster Annäherung die Kerne als ruhend betrachten. Das Dreikörperproblem geht näherungsweise in das Problem der zwei festen Zentren über, dessen Lösungen bekannt sind. Bei den für uns in Frage kommenden Bahnen bewegt sich das Elektron innerhalb einer symmetrischen Zone eines Rotationsellipsoides mit den Kernen als Brennpunkten¹⁾. Die Rechnung führt, ähnlich wie beim Wasserstoffatom im elektrischen Felde, auf eine dreifache Mannigfaltigkeit von Quantenbahnen, deren Energien analog wie bei den Atomspektren die Terme zu Spektren liefern müssen. Wir werden im Folgenden sehen, daß wir es hier mit Bandenspektren zu tun haben, und zwar müßte das zu erwartende Spektrum dem sog. Viellinienspektrum des Wasserstoffs angehören. Da der Zusammenhang zwischen Theorie und Beobachtung noch nicht hergestellt ist, verzichten wir darauf, Zahlenangaben über das Modell zu machen.

Das hier skizzierte Molekülmodell ist das einzige, das bisher berechnet werden konnte. Schon für das neutrale Wasserstoffmolekül H_2 (2 Kerne, 2 Elektronen) ist die Berechnung nicht mehr möglich. Bei der Aufstellung von Modellen komplizierterer Moleküle stehen wir in der Hauptsache vor gleichartigen Schwierigkeiten wie bei H_2 , sofern wir die Elektronenanordnung in den das Molekül aufbauenden Atomen als bekannt voraussetzen dürfen. Wir fragen: Welche Veränderung erfährt der Elektronenbau der Atome, wenn diese zu einem Molekül zusammentreten, und welches wird die gegenseitige Lage der Atome? Wir erwarten, daß die Bahnen der inneren Elektronen durch das störende Kraftfeld der anderen Komponenten des Moleküls nur wenig beeinflusst werden und daß lediglich für die sogenannten Valenzelektronen ganz neue Bewegungszustände auftreten. Die Verhältnisse sind dabei wesentlich verschieden, je nachdem, ob wir es mit einem heteropolaren oder homöopolaren Molekül zu tun haben. Nach den Vorstellungen von Kossel sind jene dadurch ausgezeichnet, daß jede Komponente des Moleküls den Elektronenbau des im periodi-

schen System benachbarten Edelgases (bzw. in den großen Perioden einer besonders stabilen Konfiguration mit 18 Außenelektronen) nachahmt. Am Beispiel von KCl würde das heißen: das Valenzelektron (11. Elektron) des Kaliums vereinigt sich mit den 17 Elektronen des Chlors, so daß nunmehr das Chlorion Cl^- den Elektronenbau des Argons zeigt, während die 10 übrig bleibenden Elektronen des Kaliums K^+ die Neonanordnung aufweisen. Aus der Anziehung der Ionen Cl^- und K^+ zusammen mit der Abstoßung der Elektronen und Kerne auf einander resultiert nun eine Gleichgewichtslage in einem *Atomabstand* q , der sich bei einer genauen Kenntnis der Edelgasmodelle berechnen läßt. In diese Berechnung geht auch die *Orientierung des Elektronensystems* zu den Kernverbindungslinien ein. Weiter ist nun die *Deformation des Elektronensystems* unter dem Einfluß der anderen Komponenten zu bestimmen. Nach *Fajans*²⁾ kann diese für die Außenelektronen sehr beträchtlich sein, so daß die Bahn des zum Anion übergetretenen Elektrons dem Kation sehr nahe kommen kann. Kommt das Elektron so nahe an das Kation heran, daß die Kräfte vom Anion und vom Kation von gleicher Größenordnung werden, dann findet die Bewegung nicht mehr um das Anion, sondern ähnlich wie bei H_2^+ um die zwei Zentren statt. Wir haben den Übergang vom heteropolaren zum homöopolaren Molekül. Beim typisch *homöopolaren Molekül* haben wir es mit *positiv* geladenen, symmetrischen *Atomresten*, um die sich nun analog wie bei H_2 (bei zweiatomigen Molekülen) die *Bindungselektronen* bewegen. Auch hier kommt zur Festlegung der Elektronenbahnen noch die Bestimmung der Kernabstände, der Orientierung und der Deformation der Elektronenbahnen hinzu.

2. *Bandenspektren. Allgemeines.* Aus diesen kurzen Andeutungen geht hervor, daß eine Berechnung der Moleküle aus bloßen Modellvorstellungen heute nur im einfachsten Falle möglich ist. Wir können jedoch unsere Kenntnisse über die Moleküle beträchtlich erweitern, wenn wir die Erfahrungstatsachen verwerten, die uns die *Bandenspektren* liefern. Wir sahen bereits bei der Besprechung des H_2^+ -Modells, daß das *Elektron* sich in verschiedenen Quantenbahnen bewegen kann und daß jede dieser Bahnen eine *Energiestufe* und damit einen Spektralterm festlegt. Dabei haben wir ausdrücklich die Kerne als ruhend vorausgesetzt und durften dies auch, solange wir von dem Ergebnis der Rechnung keine allzu große Genauigkeit verlangten. Unsere Einschränkung bedeutet aber nicht bloß, daß die Energie der Elektronenbewegung nicht genau wird, sondern hat eine viel wichtigere Konsequenz. Während beim Atom, dessen Kern wir hier als Punktladung auffassen, durch die Elektronenbewegung alle Freiheitsgrade erschöpft sind, hat

¹⁾ W. Pauli, Ann. d. Phys. 68, 177, 1922.

²⁾ Diese Zeitschrift 11, 165, 1923.

ein Molekül noch Freiheitsgrade der Kernbewegung: Die Kerne können innerhalb des Moleküls ihre gegenseitige Lage ändern, *Schwingungen* um ihre Gleichgewichtslage ausführen. Außerdem kann das Molekül als Ganzes, genauer das gesamte System der Massenpunkte, sich im Raum um seinen Schwerpunkt drehen; da wir hierbei näherungsweise das Molekül als starren Körper betrachten dürfen, sprechen wir kurz von einer *Präcession* und im einfachsten Falle *Rotation der Molekel*. Zu der oben besprochenen Elektronenenergie W_e des Molekülmodells kommt also noch eine Schwingungsenergie W_s und eine Rotationsenergie W_{rot} ³⁾ hinzu, so daß sich die Energie eines Moleküls darstellt durch:

$$W = W_e + W_s + W_{rot}.$$

Nach Bohr kommt nun eine Spektrallinie dadurch zustande, daß das System aus einem quantelten Zustande mit der Energie W_1 in einen andern mit der Energie W_2 übergeht. Die freiwerdende Energie

$$\Delta W = W_1 - W_2$$

wird als monochromatische Strahlung von der Frequenz

$$\nu = \frac{\Delta W}{h} \quad \dots \dots \dots (1)$$

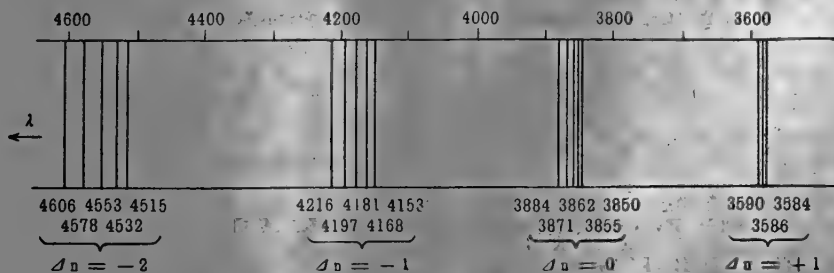
emittiert (h Plancksches Wirkungsquantum).

Nun tritt sofort der Unterschied zwischen den Atom- und Molekülspektren hervor. Beim Atom haben wir es nur mit dem Elektronenterm zu tun; der Übergang zwischen zwei bestimmten Elektronenkonfigurationen liefert eine einzige Spektrallinie. Anders beim Molekül; hier liefert dieser Übergang den Ausgangspunkt für ein ganzes Liniensystem, ein *Bandensystem*. Die dem Elektronenterm allein nach der Bohrschen Regel entsprechende Frequenz

$$\nu_e = \frac{\Delta W_e}{h}$$

wollen wir als *Elektronenfrequenz* bezeichnen; sie kann im besondern auch Null werden, wenn die Elektronenanordnung sich nicht ändert. In diesem Falle sprechen wir von einem Rotations-schwingungsspektrum. Zu ν_e hinzu kommt nun die *Schwingungsfrequenz*

$$\nu_s = \frac{\Delta W_s}{h}$$



Gruppen im System der Cyanbanden.

die zusammen mit ν_e die *Schwingungslinie* liefert. Auf die Schwingungslinie überlagert sich nun noch die *Rotationsfrequenz*

$$\nu_{rot} = \frac{\Delta W_{rot}}{h}$$

so daß die emittierten Spektrallinien die Frequenzen

$$\nu = \nu_e + \nu_s + \nu_{rot} = \frac{\Delta W_e}{h} + \frac{\Delta W_s}{h} + \frac{\Delta W_{rot}}{h}$$

haben.

Die Schwingungsfrequenz. Über die Elektronenfrequenz läßt sich heute vom Standpunkte der Theorie noch nicht viel aussagen. Wir wenden uns deshalb gleich der Schwingungsfrequenz zu. Fassen wir die gegenseitigen Kernbewegungen für die erste Näherung als harmonische Schwingung der Frequenz ν^0 auf, so ist nach Planck die Energie dieser Bewegung:

$$W_s = n h \nu^0 \quad (n = \text{Quantenzahl})$$

Die Annahme der harmonischen Schwingung schließt die Voraussetzung in sich, daß die Ausschläge verschwindend klein gegen die Moleküldimensionen sind. Sehen wir von dieser Einschränkung ab, so ergibt sich für die nicht harmonische Bewegung um eine Gleichgewichtslage:

$$W_s = n h \nu^0 (1 - x n + \dots) \quad (2)$$

Bei der Berechnung von ΔW_s ist zu beachten, daß die Konstanten ν^0 , x , ... sich mit der Elektronenkonfiguration ändern, so daß wir erhalten:

$$\nu_s = \frac{\Delta W_s}{h} = n_1 \nu_1^0 (1 - x_1 n_1 + \dots) - n_2 \nu_2^0 (1 - x_2 n_2 + \dots) \quad (3)$$

Auf die Elektronenfrequenz überlagert sich also ein nach zwei Parametern geordnetes System von Schwingungsfrequenzen, an die Stelle der einen Spektrallinie des Atoms ist also das zweifache System der Schwingungslinien $\nu_e + \nu_s$ getreten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß n_1 und n_2 praktisch nur kleine Werte annehmen, so daß die Zahl der Schwingungslinien eine endliche ist.

Zur weiteren Diskussion von ν_s beachten wir, daß x_1 und x_2 klein gegen 1 sind, und daß ν_1^0 und ν_2^0 sich nur wenig unterscheiden. Wir ordnen dann:

$$\nu_s = (n_1 - n_2) \nu_1^0 + n_2 (\nu_1^0 - \nu_2^0) - (n_1^2 x_1 \nu_1^0 - n_2^2 x_2 \nu_2^0) + \dots \quad (3a)$$

Hier ist das erste Glied der Größe nach ausschlaggebend und bestimmt deshalb die Lage der Schwingungslinie im System im Groben. Alle Linien, für die die Differenz $n_1 - n_2$ den gleichen

³⁾ Wir verstehen hierunter überhaupt die auf die Bewegung der gesamten Molekel im Raum bei festem Gesamtschwerpunkt zurückgehende Energie, auch wenn keine eigentliche Rotation vorliegt.

Wert hat, wo also die Schwingungsquantenzahl um den gleichen Betrag Δn sich ändert, haben ungefähr die gleiche Frequenz, bilden eine Gruppe. Innerhalb der Gruppe unterscheiden sich die einzelnen Schwingungslinien durch die weiteren Glieder unserer Formel, im wesentlichen also durch den Absolutwert der Quantenzahl n_2 . In der Abbildung, die das System der violetten Cyanbanden darstellt, sind deutlich die einzelnen Gruppen erkennbar.

Für das Rotationsschwingungsspektrum ($\Delta W_0 = 0$) ergibt sich insofern etwas Besonderes, als hier $v_1^0 = v_2^0$ ist, und außerdem fast immer n_2 nur den Wert 0 annimmt, so daß jetzt an die Stelle von (3 a):

$$v_s = n_1 v^0 (1 - x n_1 + \dots) \dots \dots (3b)$$

tritt; mit anderen Worten: jede Gruppe reduziert sich praktisch auf eine Schwingungslinie.

Die Rotationsfrequenz. Das System der Schwingungslinien bildet nun die Grundlage für das eigentliche Bandenspektrum, das durch die räumliche Bewegung der Gesamtmolekel geliefert wird. Da das Wichtigste sich bereits aus der einfachen Rotationsbewegung erkennen läßt, wollen wir an dieser das Zustandekommen der Bande studieren. Wir denken uns vorläufig die Molekel als starren Körper, der um eine Hauptträgheitsachse mit dem Trägheitsmoment J rotiert⁴⁾. Diese Bewegung ist nun zu quanteln. Bei der Winkelgeschwindigkeit ω ist $J\omega$ das Impulsmoment, das wir gleich einem ganzzahligen Vielfachen von $h/2\pi$ zu setzen haben, so daß sich ergibt:

$$J\omega = \frac{m h}{2\pi} \quad (m = \text{ganze Zahl})$$

Die Energie wird nach den Regeln der Mechanik:

$$W_{\text{rot}} = \frac{J}{2} \omega^2$$

also durch Einsetzen von ω :

$$W_{\text{rot}} = \frac{m^2 h^2}{8 \pi^2 J} = m^2 h \cdot B \dots \dots (4)$$

Daraus berechnet sich die Rotationsfrequenz:

$$v_{\text{rot}} = \frac{\Delta W_{\text{rot}}}{h} = m_1^2 B_1 - m_2^2 B_2 \dots \dots (5)$$

Hier ist wieder zu beachten, daß das Trägheitsmoment J beim Elektronensprung seine Größe ändert, B_1 und B_2 also verschieden sind⁵⁾. Nach Bohr können sich nun, wie wir später sehen werden, m_1 und m_2 nur um ± 1 oder 0 unterscheiden, also:

$$m_1 - m_2 = \Delta, \Delta = +1, -1, 0$$

und für die Rotationsfrequenz kommt:

$$v_{\text{rot}} = \left. \begin{aligned} &(m_2 + \Delta)^2 B_1 - m_2^2 B_2 = \Delta^2 B_1 \\ &\quad + 2 m_2 \cdot \Delta B_1 + m_2^2 (B_1 - B_2) \\ &= \left\{ \begin{aligned} &B_1 + 2m B_1 + m^2 C \\ &B_1 - 2m B_1 + m^2 C \quad (m=0, 1, 2, 3, \dots) \end{aligned} \right\} \cdot (6) \\ &\quad m^2 C \end{aligned} \right\}$$

Die Rotationsfrequenz wird also durch eine aus drei Zweigen bestehende ganze quadratische Funktion der (positiven) Quantenzahl m wiedergegeben. Auf jede Schwingungslinie wird eine Teilbande überlagert, die sich in die den drei Werten von Δ entsprechenden Zweige, den positiven, negativen und Nullzweig, spaltet. In besonderen Fällen können auch einzelne Zweige fehlen. Ferner ist zu beachten, daß der positive und negative Zweig sich in dem hier behandelten einfachen Falle gegenseitig fortsetzen, so daß wir beide in die Formel zusammenfassen können:

$$v_{\text{rot}} = A + 2mB + m^2C \dots \dots (6a)$$

Wo jetzt die Laufzahl m alle ganzzahligen positiven und negativen Werte annimmt.

Einen genaueren Einblick in die Struktur einer einfachen Bande bekommen wir, wenn wir uns noch die Größenverhältnisse der einzelnen Koeffizienten klarmachen. Innerhalb einer Teilbande kommt es lediglich auf das Verhältnis von C zu B_1 an. Da C sich als Differenz zweier nicht sehr verschiedener B -Werte darstellt, so ist C klein gegen B_1 , und für kleine Werte von m ist das lineare Glied $2mB_1$ ausschlaggebend. Da aber das C -Glied mit m quadratisch wächst, wird es bald von der gleichen Größenordnung und kommt schließlich für große m als allein maßgebend in Betracht. Aus diesem Zusammenhang ergibt sich noch eine besondere Erscheinung bei den Bandenspektren, die sogenannte Kante. Da m doppeltes Vorzeichen hat, so ist immer in einem Zweige das Vorzeichen des linearen Gliedes von dem des quadratischen verschieden. Nehmen wir C als positiv an, dann nimmt im negativen Zweig für kleine m die Frequenz zunächst ab; allmählich macht sich aber das positive quadratische Glied geltend, und für einen bestimmten Wert von m wird der negative Zuwachs des linearen Gliedes durch den positiven des quadratischen Gliedes gerade aufgehoben. Die Frequenz ändert sich mit wachsendem m in der Nähe dieser Stelle unmerklich, die Linien häufen sich. Wächst m weiter, so wächst das positive quadratische Glied rascher als das negative lineare, die Frequenzwerte nehmen wieder zu, die Spektrallinien verschieben sich nach kürzeren Wellen. Der Wert von m , bei dem der Zuwachs der Funktion verschwindend klein wurde, legt eine Grenzfrequenz fest, die von den Linien des Zweiges nicht überschritten wurde. Die Linien nähern sich von größeren Frequenzen, also von Violett kommend, dieser Stelle, gleichzeitig dabei immer mehr zusammenrückend. Ist der Wert $m = -B/2C$ überschritten, so rücken die Linien wieder nach größeren Frequenzen hin auseinander. Da die Linien in der Nähe der Grenze eng liegen, hat das Spektrum das Aussehen eines getönten farbigen Bandes, das an dieser Grenze abbricht, dort also eine Kante hat. Aus der Theorie dieser Erscheinung geht hervor, daß das Auftreten der Kante davon abhängt, ob m den Wert des Verhältnisses $B/2C$ erreicht, und daß ihrer Wellenlänge keine besondere Bedeutung zukommt.

Auch hier stellen die Rotationsschwingungsspektren wieder einen Sonderfall dar. Da der Elektronenbau der Molekel sich nicht ändert, bleibt auch das Trägheitsmoment konstant und B_1 und B_2 sind nur insofern voneinander verschieden, als der Schwingungszustand auf das Trägheitsmoment Einfluß hat. Für die erste Näherung kommt deshalb nur das lineare Glied

⁴⁾ N. Bohr, Abhandl. über Atombau, Braunschweig 1921, S. 122.

⁵⁾ W. Lenz, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 1919, S. 632.

in (6) in Frage, die Bande besteht aus nahezu äquidistanten Linien, der Nullzweig reduziert sich auf eine Nulllinie.

Berücksichtigung der Wechselwirkungen. Die durch (6) dargestellten gesetzmäßigen Linienfolgen wollen wir als Teilbande bezeichnen. Nach dem Vorausgehenden ist nun jede Schwingungslinie der Ausgang einer solchen Teilbande. Diese braucht allerdings nicht immer so einfach zu sein, wie in dem von uns behandelten Falle. Zum Verständnis komplizierterer Banden kommen wir, wenn wir unsere Näherungsrechnung etwas verbessern. Wir haben die drei verschiedenen Freiheitsgrade, Elektronenbewegung, Schwingung und Rotation je für sich berechnet, ohne zu beachten, daß auch noch *Wechselwirkungen* zwischen ihnen stattfinden. Wir wollen diese nur kurz andeuten, da ihre Berechnung zu weit führen würde.

Zunächst die Wechselwirkung zwischen Schwingung und Rotation: Infolge der Rotation wird durch die Zentrifugalkraft der Kernabstand vergrößert; dabei ändert sich einerseits das Trägheitsmoment, andererseits erfolgt aber auch die Schwingung um eine andere Gleichgewichtslage. Wegen der unharmonischen Bindung ist dann die rücktreibende Kraft eine andere, kleinere, und die Schwingungsfrequenz wird verkleinert. Umgekehrt ist wegen der Schwingung der Kernabstand und damit das Trägheitsmoment periodisch veränderlich und der Mittelwert hängt von der Amplitude, also der Schwingungsquantenzahl, ab. In der Formel drückt sich dies dadurch aus, daß in (4) der Größe B die Bedeutung zukommt:

$$B^{(n)} = \frac{h}{8\pi^2 J} (1 - \alpha n + \dots) \quad (4a)$$

Entsprechend liegen die Verhältnisse bei der Elektronenbewegung und Rotation (bzw. Präzession). Durch die hinzukommende Bewegung der Gesamtmolekel erhalten die Elektronen eine Zusatzgeschwindigkeit, was zu einer Änderung der Gesamtenergie führt. Die Rechnung ergibt, daß dabei das Impulsmoment der Elektronen in einem Koordinatensystem, in dem die Molekel ruht, eine entscheidende Rolle spielt. Ferner ist zu beachten, daß durch die Trägheitskräfte bei der Bewegung der Molekel die Elektronenbewegung beeinflusst wird. Ohne diese letzte Korrektur, die Molekel also als starres System mit eingelagertem Kreisel betrachtet, kommt an Stelle von (4) für zweiatomige Moleküle⁶⁾:

$$W_{rot} = h B (\sqrt{m^2 - \sigma^2} - \epsilon)^2 \quad (4b)$$

Hier bedeutet σ die Komponente des Impulsmomentes der Elektronen um die Kernverbindungsline, ϵ die dazu senkrechte Komponente. In

$$\left. \begin{aligned} \Psi_x \pm i \Psi_y &= s^0 \sum s^1 \sum \dots \sum s^f \sum C_{s^0 s^1 \dots s^f} e^{i s^0 \omega^0 + s^1 \omega^1 + \dots + s^f \omega^f} t \\ \Psi_z &= s^0 \sum s^1 \sum \dots \sum s^f \sum D_{s^0 s^1 \dots s^f} e^{i s^0 \omega^0 + s^1 \omega^1 + \dots + s^f \omega^f} t \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

⁶⁾ H. A. Kramers u. W. Pauli, ZS. f. Phys. 13, 351, 1923; A. Kratzer, München. Hab. Schr. 1921, teilw. abgedruckt in Ann. d. Phys. 71, 72, 1923.

den Bandenterm geht also im allgemeinen Falle eine Quadratwurzel ein, während für $\sigma = 0$ sich (4b) von (4) nur durch das in m lineare Glied $-2m\epsilon$ des Termes wesentlich unterscheidet. Da nur für kleine Werte von m die Wurzel von einer linearen Funktion von m merklich verschieden ist, kommt es bei dem Vergleich mit der Beobachtung hauptsächlich darauf an, für kleine m -Werte, also in der Nähe der Schwingungslinie ($m = 0$) die Frequenzen genau zu kennen.

In (4b) ist noch besonders bemerkenswert, daß die Größen m , ϵ , σ , die ja an der Stelle von Impulsmomenten stehen, mit Vorzeichen versehen sind. Solange man das Elektronengebäude als starren Kreisel betrachtet, müssen dabei aus mechanischen Stabilitätsgründen die Vorzeichen von m und ϵ gleich sein. Ohne diese Einschränkung besteht jedoch diese Vorschrift nicht und die Erfahrung scheint bei Rotation dafür zu sprechen, daß m und ϵ auch entgegengesetzte Zeichen haben. Modellmäßig heißt dies, daß die Molekülrotation sowohl gleichsinnig wie entgegengesetzt zum Elektronenimpuls erfolgen kann. In diesem Falle wird der Term (4b) doppelt und es besteht die Möglichkeit, auch Banden zu erklären, wo an die Stelle der drei Zweige deren sechs getreten sind, wie dies bei Hg, Cd, Zn der Fall ist.

3. *Die Aussagen des Korrespondenzprinzips.* Das elektrische Moment. Wir wollen uns nun fragen, welche Schlüsse wir aus den Bandenspektren über die Molekülmodelle ziehen können. Wir ziehen zu diesem Zwecke das Bohrsche Korrespondenzprinzip heran, das den Zusammenhang zwischen Modell und Strahlung herstellt. Wir haben darnach zunächst zu untersuchen, welche Strahlung die bewegten Ladungen des Systems nach den Gesetzen der Elektrodynamik aussenden würden. Es sind dies diejenigen Frequenzen, in die sich die mechanische Bewegung der Ladungen nach den Regeln der Fourieranalyse auflösen läßt.

Die Elektronenbewegung möge für jedes Atom in einem Koordinatensystem, in dem die Molekel ruht, durch f Grundfrequenzen $\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^f$ bestimmt sein. Zu diesen kommt nun noch die Frequenz ω^0 der Kernschwingung hinzu, da auch das Elektronensystem im Rhythmus der Kernschwingung mitschwingt. In diesem Koordinatensystem stellt sich dann das elektrische Moment der Elektronen für jedes Atom in der Molekel auf den betreffenden Teilschwerpunkt bezogen

dar durch $\sum e_i r_i$ (r_i = Vektor vom Schwerpunkt zur Ladung e_i). In rechtwinkligen Koordinaten können wir schreiben:

Auf den Gesamtschwerpunkt⁷⁾ des Moleküls bezogen berechnet sich das elektrische Moment

$\sum e_i \mathbf{R}_i$ am einfachsten dadurch, daß der Fahrstrahl \mathbf{R}_i nach jeder Ladung zerlegt wird in den Vektor \mathbf{e}_K nach dem Atomschwerpunkt und den Vektor \mathbf{r}_i .

$$\sum e_i \mathbf{R}_i = \sum \mathbf{e}_K \sum' e_i + \sum e_i \mathbf{r}_i$$

Bei zweiatomigen Molekülen hat \mathbf{e}_K die Werte \mathbf{e}_1 und \mathbf{e}_2 , die sich durch Größe und Richtungssinn unterscheiden. Ihre Beträge stellen sich dar durch:

$$e_1 = a_1 + \sum b_s' \cos s^0 \omega^0 t$$

$$e_2 = a_2 + \sum b_s'' \cos s^0 \omega^0 t$$

Legen wir die x -Achse in die Richtung von \mathbf{e}_1 , so kommt für das gesamte Molekül:

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_x \pm i \mathfrak{P}_y = & -a_1 \sum' e - \sum' e \cdot \sum b_s' \cos s^0 \omega^0 t \\ & + a_1 Z_1 e + Z_1 e \cdot \sum b_s' \cos s^0 \omega^0 t \\ & + a_2 \sum'' e + \sum'' e \cdot \sum b_s'' \cos s^0 \omega^0 t \\ & - a_2 Z_2 e - Z_2 e \cdot \sum b_s'' \cos s^0 \omega^0 t \\ & + s^0 \sum \dots s^f \sum C_{s^0 s^f} e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \\ \mathfrak{P}_z = & s^0 \sum \dots s^f \sum D_{s^0 s^f} e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \end{aligned}$$

Hier sind die Summen \sum' über die Elektronen der einen Komponente, \sum'' über die Elektronen der anderen Komponente zu erstrecken, Z_1 und Z_2 sind die Kernladungen, $Z_1 e - \sum' e$ und $Z_2 e - \sum'' e$ also die Ladungen der Komponenten; für $C^1 + C^2$ haben wir zur Abkürzung C gesetzt, ebenso bei D ; dabei ist jetzt f die Zahl aller Grundfrequenzen der Elektronen im Molekül. Im Falle homöopolarer Moleküle kann nun jede Komponente neutral sein, die von t unabhängigen Glieder sowie die Glieder mit $\cos s^0 \omega^0 t$ verschwinden für jede Komponente für sich; es bleiben also nur die Summen mit den Koeffizienten C und D übrig. Nach den eingangs entwickelten Modellvorstellungen erscheint aber unsere Annahme der neutralen Komponenten nicht ganz zutreffend. Wir nahmen dort vielmehr an, daß die Valenzelektronen als Bindungselektronen sich von ihren Kernen soweit entfernen, daß sie unter der Kraftwirkung beider Kerne eine Bewegung um beide Zentren ausführen können. In diesem Falle sind in den gestrichenen Summen die Bindungselektronen auszuschließen, es bleibt dann eine überschüssige positive Kernladung in beiden Komponenten übrig:

$$Z_1 e - \sum' e = p_1 e, \quad Z_2 e - \sum'' e = p_2 e$$

Das elektrische Moment wird:

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_x \pm i \mathfrak{P}_y = & \sum \sum C_{s^0 s^f} e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \\ & + (p_1 a_1 - p_2 a_2) e \\ & + s^0 \sum (p_1 b_s' - p_2 b_s'') \cos s^0 \omega^0 t \\ \mathfrak{P}_z = & \sum \dots \sum D_{s^0 s^f} e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \end{aligned}$$

Ist nun das Molekül symmetrisch, so ist $p_1 = p_2$, $a_1 = a_2$, $b_s' = b_s''$ und es verschwinden wie bei der vorigen vereinfachten Betrachtung das konstante Glied und die Glieder mit $\cos s^0 \omega^0 t$. Ist dagegen etwa infolge verschiedener Massen oder Ladungen der Kerne die Symmetrie nicht vorhanden, so bleibt ein, wenn auch kleiner Betrag zurück und das elektrische Moment wird:

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_x \pm i \mathfrak{P}_y = & \mathfrak{P}_0 + \beta \sum b_s^0 \cos s^0 \omega^0 t \\ & + s^0 \sum \dots s^f \sum C_{s^0 s^f} e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \\ \mathfrak{P}_z = & s^0 \sum \dots s^f \sum D_{s^0 s^f} e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \end{aligned} \quad (8)$$

Bei heteropolaren Molekülen ist

$$Z_1 e - \sum' e = \sum'' e - Z_2 e = v e$$

wo v die Valenz bedeutet. Wegen des verschiedenen Vorzeichens addieren sich die beiden Glieder und es bleibt für das Moment wieder der Ausdruck (8), wo jetzt

$$\mathfrak{P}_0 = e v (a_1 + a_2); \quad \beta = e v$$

ist.

Führt nun die Molekel um die z -Achse eine Präzessionsbewegung mit der Winkelgeschwindigkeit ω aus, so ist im ruhenden Koordinatensystem, wenn ϑ der Winkel zwischen Figuren-achse und z -Achse ist:

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_x \pm i \mathfrak{P}_y = & e^{i \omega t} \cos \vartheta \left(\mathfrak{P}_0 + \beta \sum b_s^0 \cos s^0 \omega^0 t \right) \\ & + s^0 \sum \dots s^f \sum C_{s^0 s^f}^* e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f + \omega) t} \\ \mathfrak{P}_z = & \sin \vartheta \left(\mathfrak{P}_0 + \beta \sum b_s^0 \cos s^0 \omega^0 t \right) \\ & + s^0 \sum \dots s^f \sum D_{s^0 s^f}^* e^{i(s^0 \omega^0 + \dots s^f \omega^f) t} \end{aligned} \quad (9)$$

Der Fall der Rotation ist hierin enthalten, wenn $\vartheta = 0$ genommen wird. Im Falle symmetrischer homöopolarer Moleküle ist \mathfrak{P}_0 und β Null zu setzen, für unsymmetrische homöopolare Molekeln sind diese Größen sehr klein, für heteropolare Moleküle groß.

Rotationsschwingungsspektrum und Modell. Die Gleichungen (9) erlauben uns nun vom Spektrum auf das Molekül zu schließen. Wir betrachten zunächst diejenigen Frequenzen, an denen die Elektronen nicht unmittelbar beteiligt sind, also die Rotationsfrequenz ω und die Schwingungsfrequenz ω^0 . Die erste Zeile von (9) zeigt, daß ω in der Verbindung auftritt:

$$s^0 \omega^0 \pm \omega \quad (s^0 = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Korrespondenzmäßig besagt dies, daß die zu ω^0 zugeordnete Quantenzahl n sich um beliebige

Zahlenwerte ($\Delta n = s^0$) ändert und das hiermit immer eine Änderung der Rotationsquantenzahl m um ± 1 verknüpft ist. Wir bekommen also (für $\Delta n = s^0 = 0$) ein Rotationsspektrum im langwelligen Ultrarot und ein Rotationsschwingungsspektrum ($\Delta W_e = 0$) unter der Voraussetzung, daß \mathfrak{P}_0 und βC_s von Null verschieden sind. Die Größe der Koeffizienten ist dabei ein relatives Maß für die Intensität der Spektren. Wir erwarten also, daß homöopolare symmetrische Moleküle (elementare zweiatomige Gase) keine, dagegen die heteropolaren Moleküle sehr intensive Rotations- und Rotationsschwingungsspektren zeigen; die unsymmetrischen homöopolaren Moleküle bilden dazwischen einen stetigen Übergang. Dieses theoretische Ergebnis ist durch die Erfahrung bestätigt⁷⁾.

Die zweite Zeile von (9) sagt u. a. aus, daß die Schwingungsquantenzahl auch für sich allein Sprünge ($\Delta n = s^0$) ausführen kann, ohne daß ein Sprung von m hinzukommt (Argument $s^0 \omega^0$) wie früher betont, führt das zur sog. Nulllinie im Schwingungsspektrum ($\Delta W_e = 0$, $\Delta W_{\text{rot}} = 0$). Dabei ist aber zu beachten, daß das hierfür maßgebende Glied in (9) mit $\sin \theta$ verschwindet, so daß also im Falle einer reinen Rotation ($\theta = 0$) die Nulllinie fehlt. Das Auftreten der Nulllinie im Ultraroten läßt also unzweideutig auf eine Präzessionsbewegung, also ein Impulsmoment um die Schwingungsrichtung schließen. Erfahrungsmäßig liegen hierfür noch keine sicheren Bestätigungen vor, doch ist bei Wasserdampf in der Bande 6.24μ das Vorhandensein einer Nulllinie wahrscheinlich.

Wenn wir die Kernschwingung in (9) als eine Fourierreihe nach ω^0 ansetzen, so hat dies zur Voraussetzung, daß diese Schwingung unharmonisch ist. Aus dem Auftreten des Argumentes $s^0 \omega^0$ schlossen wir korrespondenzmäßig, daß die Quantensprünge Δn alle ganzzahligen Werte $\Delta n = s^0$ annehmen können. Umgekehrt müssen wir aus dem Wert von Δn auf das Vorhandensein der betreffenden Oberschwingung in der Bewegung, also auf deren anharmonischen Charakter schließen.

Bei mehratomigen Molekülen treten mehrere Eigenfrequenzen der Kernschwingungen auf, von denen aber nicht alle mit Strahlung verbunden sein müssen. Auch hier gibt das Bohrsche Korrespondenzprinzip an, welche Oberschwingungen und Kombinationsschwingungen im Spektrum auftreten und läßt umgekehrt aus dem Spektrum auf das Molekül schließen. Hettner⁸⁾ hat beim Wasserdampfspektrum auf diese Kombinationsfrequenzen hingewiesen.

Optische Banden und Modelle. Um in der gleichen Weise bei den sichtbaren Bandenspektren die Zusammenhänge zwischen Modell und Spektrum herstellen zu können, müßten wir die die

Elektronenfrequenzen enthaltenden Summen in (9) genau kennen. Solange dies nicht der Fall ist, lassen sich lediglich allgemeine Aussagen machen. Das nächste Ziel muß hier sein, rückwärts aus dem Spektrum auf die Bewegung zu schließen. Zunächst ist aus dem Umstand, daß für das auf eine Elektronenfrequenz ($\Delta W_e \neq 0$) überlagerte Bandenspektrum nur die Summenglieder mit den Koeffizienten C^* und D^* in (9) maßgebend sind, sofort klar, daß hier zwischen homöopolaren und heteropolaren Molekülen kein Unterschied ist. Nun interessiert uns weiter, ob sich über das Auftreten der verschiedenen Zweige Aussagen machen lassen. Die in Frage kommende Elektronenfrequenz ist durch bestimmte Werte von s in (9) festgelegt. Das Argument der e -Funktionen lautet im allgemeinen bei

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}_x + i \mathfrak{P}_y &: i t (s^0 \omega^0 + s^1 \omega^1 + \dots s^f \omega^f + \omega) \\ \mathfrak{P}_x - i \mathfrak{P}_y &: -i t (s^0 \omega^0 + s^1 \omega^1 + \dots s^f \omega^f - \omega) \\ \mathfrak{P}_z &: i t (s^0 \omega^0 + s^1 \omega^1 + \dots s^f \omega^f) \end{aligned} \quad (10)$$

Daraus lesen wir ab, daß mit einem bestimmten Elektronensprung (s^0, \dots, s^f fest) beliebige Sprünge der Oszillationsquantenzahl ($\Delta n = s^0$) und die Sprünge $+1, -1, 0$ der Rotationsquantenzahl auftreten. Bemerkenswert ist, daß hier $\Delta m = 0$, also das Auftreten des Nullzweiges nicht an das Vorhandensein eines Impulsmomentes um die Richtung der Kernschwingung geknüpft ist. Daraus ist aber nicht zu schließen, daß der Nullzweig immer zu erwarten ist. Es kann sehr wohl sein, daß eine Grundfrequenz ω^1 einer Rotationsbewegung oder Schwingung in der xy -Ebene entspricht, so daß sie in der z -Komponente nicht auftritt. In diesem Falle würde bei \mathfrak{P}_z der entsprechende Koeffizient D^* verschwinden, der Nullzweig fehlt. Falls die Frequenz ω^1 zu einer Rotationsbewegung in der xy -Ebene gehört, dann hat s^1 nur ein Vorzeichen. Wir dürfen also bei $\mathfrak{P}_x - i \mathfrak{P}_y$ nicht, wie wir es oben getan haben, ein negatives Zeichen vorausnehmen, ohne auch in der Klammer die Zeichen zu ändern. Die zweite Zeile in (10) würde also fehlen, d. h. der negative Zweig würde ausfallen, positiver Zweig und Nullzweig sind vorhanden; letzterer allerdings nur, wenn die zu ω^1 gehörende Umlaufbewegung eine Komponente in der z -Richtung hat, was bei Präzessionsbewegung immer erfüllt ist. Sind die emittierenden Moleküle noch dadurch unterschieden, daß zu einer bestimmten Elektronenumlaufrichtung noch zwei verschiedene Molekülrotationen gehören können, so würde in diesem Falle die eine Sorte keinen negativen Zweig, die andere keinen positiven Zweig liefern, so daß das Spektrum aus einem negativen, einem positiven und zwei Nullzweigen bestehen könnte, während der allgemeine Fall jeden der drei Zweige doppelt liefern würde. Man sieht, daß hier das Korrespondenzprinzip eine Reihe von Aussagen über die Elektronenbewegung gestattet, sobald die Spektren hinreichend geordnet und gedeutet sind.

7) W. Burmeister, Diss. Berlin, 1914.

8) Zeitschr. f. Phys. 1, 345, 1920.

Die Zahlenwerte der Moleküldaten. Wir wollen nun noch fragen, welche quantitativen Aussagen die Bandenspektren über die Molekülmodelle gestatten. In erster Linie interessiert uns die *Größe eines Moleküls*. Diese läßt sich aus den Bandenspektren sehr genau angeben. Aus der Bedeutung von B in (4) und (4a) folgt sofort, daß mit B der Zahlenwert des Tragheitsmomentes und damit auch der *Kernabstand* gegeben ist. Es kommt also darauf an, B „richtig“ zu bestimmen. Mit der Aufstellung einer Deslandresschen Formel $\nu = 4 + 2Bm + Cm^2$ für die Bande ist diese Arbeit noch nicht geleistet, da der Anfangspunkt der Numerierung hier willkürlich bleibt, der Zahlenwert von B aber mit der Wahl des Nullpunktes wechselt. Durch Berücksichtigung der Intensitätsverhältnisse⁹⁾ und der Kombinationsbeziehungen mit anderen Zweigen des gleichen Bandensystems¹⁰⁾ läßt sich jedoch die sachgemäße Numerierung auffinden und damit die Molekülgröße bestimmen.

Wenn die Gleichgewichtslage der Kerne festgestellt ist, tritt die Frage nach der Kraft auf, die die Kerne in dieser Gleichgewichtslage festhält. Die Kraft in der unmittelbaren Nähe dieser Stelle ist sofort durch die Schwingungsfrequenz ν^0 gegeben. In größerer Entfernung von der Gleichgewichtslage geben uns die Koeffizienten α und ϵ der anharmonischen Schwingung über die Abweichung der Kraft von einer elastischen Aufschuß.

Somit sind alle die *Kernlage* und Bewegung feststimmenden Größen festgelegt, es bleiben die charakteristischen *Elektronendaten* noch zu bestimmen, also die Komponenten ϵ und σ des Impulsmomentes. Im Rotationsschwingungs-

spektrum ist ein Impulsmoment σ um die Kernverbindungsline ohne weiteres durch die Nulllinie ($\Delta m = 0$) angezeigt. Im optischen Gebiet gibt eine genaue Ausmessung der Frequenzen mit Hilfe der Termdarstellung (4b) darüber Aufschluß. Z. B. ist der Dublettabstand in den atmosphärischen Sauerstoffbanden durch einen Ausdruck (4b), der eine Quadratwurzel enthält, darstellbar; wir schließen daraus in Übereinstimmung mit dem magnetischen Verhalten, daß O_2 ein Impulsmoment um die Kernverbindungsline hat. Aus den sog. Cyanbanden sowie aus den ultraroten Banden der Halogenwasserstoffe folgt mit großer Wahrscheinlichkeit, daß N_2 sowohl wie die Halogenwasserstoffe nur ein Impulsmoment senkrecht zur Kernverbindungsline besitzen und daß dieses den Betrag $\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$ hat. Entsprechende Aussagen gestatten die anderen bisher genauer untersuchten Banden über ihre Träger.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Überlegungen kurz zusammen, so können wir sagen, daß die Theorie der Bandenspektren zusammen mit dem Bohrschen Korrespondenzprinzip in stande ist, gerade über die Fragen des Molekülbaues, die einer allgemeinen quantentheoretisch-mechanischen Berechnung noch nicht zugänglich sind, weitgehend Auskunft zu geben. Alle spezifischen Moleküldaten, die beim Aufbau der Molekeln aus den Atomen neu hinzukommen, gehen in die Terme der Bandenspektren ein, so daß deren empirische Bestimmung auf eine Termdarstellung der Bandenspektren hinausläuft, die ihrerseits wieder unauflöslich mit der Bohrschen Frequenzbedingung verknüpft ist.

Absorption, Zerstreuung und Dispersion in der Bohrschen Atomtheorie.

Von R. Ladenburg und F. Reiche, Breslau.

1. Die Grundlage der Bohrschen Atomtheorie bilden die beiden Grundpostulate: die Existenz stationärer Atomzustände und die quantenhafte Emission und Absorption.

Nach diesen Postulaten findet jede Veränderung der Atomenergie, also auch Emission oder Absorption elektromagnetischer Strahlung, nur bei einem vollständigen Übergang des Atoms aus einem stationären Zustand in einen anderen statt. Das hierbei ausgestrahlte oder absorbierte Licht ist stets monochromatisch und besitzt die Schwingungszahl ν , die durch die sogenannte Frequenzbedingung:

$$\nu = \frac{1}{h} (E - E')$$

bestimmt ist, wobei h die Plancksche Konstante, E' und E'' die Energiewerte des Atoms in den beiden stationären Zuständen bedeuten.

Die optischen Spektren entstehen nach Bohr durch Übergänge eines der äußersten, lockersten Elektronen von einer virtuellen, außerhalb des eigentlichen Atoms liegenden Quantenbahn zu einer anderen solchen Bahn oder zur Normalbahn im unerregten Atom. Die Röntgenspektren dagegen verdanken ihre Entstehung der Entfernung eines der inneren, festgebundenen Elektronen und dem Ersatz dieses Elektrons durch ein Elektron aus einer weiter außen im Atom gelegenen Elektronengruppe¹⁾.

2. Die Absorption von Licht erfolgt nach dem zweiten Postulat ebenfalls quantenhaft, wenn das Atom durch die auffallende Welle in einen höheren Quantenzustand gehoben wird. Jeder derartige Absorptionsvorgang ist die vollständige Um-

¹⁾ Vgl. N. Bohr, Phil. Mag. 26, S. 18 u. 498, 1913 (s. a. deutsche Übersetzung: Abhandl. über Atombau, S. 18 u. 47. Verlag Vieweg, Braunschweig 1921) sowie W. Kossel, Verh. d. D. phys. Ges. 16, 953, 1914.

⁹⁾ T. Heurlinger, Diss. Lund, 1918.

¹⁰⁾ A. Kratzer, Münchner Berichte 1922, S. 107.

kehrung eines Emissionsprozesses. Bei dieser Absorption wird gerade diejenige Frequenz absorbiert, die bei dem genau umgekehrten Quantenübergang emittiert wird, und die nach der Frequenzbedingung gleich der durch h dividierten Energiedifferenz von Anfangs- und Endzustand ist.

Dies ist die quantenmäßige Begründung der häufig als qualitative Folgerung des Kirchhoffschen Gesetzes bezeichneten Erscheinung, daß jede optische Absorptionslinie einer Emissionslinie entspricht.

Im Gebiet der Röntgenspektren dagegen beobachtet man im allgemeinen keine den Emissionslinien entsprechenden Absorptionslinien: die Elektronen können aus einer inneren Bahn nicht in eine beliebige der höheren Elektronengruppen des Atoms eintreten, weil diese bereits vollständig besetzt sind und eine derartige Symmetrie und Stabilität besitzen, daß sie durch das Eintreten eines neuen Elektrons völlig zerstört würden. Vielmehr muß das innen losgelöste Elektron in einem Zuge bis an die Atomoberfläche bzw. in virtuelle Quantenbahnen übergeführt werden, ja es kann zugleich einen beliebigen, stetig höheren Betrag an Energie aufnehmen, den es in Form von nicht quantenhaft unterteilter kinetischer Energie behält. Daher findet man im Absorptionröntgenspektrum scharfe Absorptionskanten, die der eben geschilderten vollständigen Abtrennung eines inneren Elektrons entsprechen, und anschließend kontinuierliche Absorption; die Kante ist bisweilen von einigen Nebenminimis begleitet, die von den virtuellen Endbahnen des Elektrons herrühren. Nur wenn das Elektron in eine der unvollständigen inneren Gruppen gelangt, die das typische Merkmal der ersten Elemente der großen Perioden (Sc—Ni, Y—Pd, La—Pt) sind²⁾, wird eine Röntgenlinie absorbiert, die genau mit einer Emissionslinie des umgekehrten Vorganges übereinstimmt³⁾.

Die optischen Absorptionslinien des unerregten Atoms entsprechen den Übergängen eines der lockersten Elektronen des Atoms aus der Normalbahn in die höheren, virtuellen Quantenbahnen. Daher erlaubt die Aufsuchung und Serieneinordnung der Absorptionslinien des normalen Atoms nach Bohr wichtige Schlüsse auf die Quantenzahlen und die Natur der Bahnen der lockersten Elektronen im unerregten Atom⁴⁾. Diese optischen Elektronen können ebenso wie eins der inneren Elektronen bei den Röntgenabsorptionsspektren außer der Quantenenergie $h\nu$, die der vollständigen Abtrennung entspricht, noch zusätzlich beliebige Beträge an kinetischer Energie aufnehmen; daher beobachtet man eine sich an die Grenze der Absorptionsserie anschließende kontinuierliche Absorption, die gleichmäßig in die an

der Grenze untrennbar dicht gehäuftten Absorptionslinien übergeht⁵⁾.

3. Auf optischem oder elektrischem Wege in einen höheren stationären Quantenzustand versetzt, kann das so angeregte Atom durch weitere quantenartige Aufnahme von Strahlungsenergie in noch höhere Zustände übergehen und die diesen Übergängen entsprechenden Linien absorbieren. So entstehen die *Absorptionslinien angeregter und leuchtender Gase* und Dämpfe, die nicht zu den Absorptionsserien des normalen Atoms gehören. Zugleich ändert sich die Dispersion dieser Gase, indem der Brechungsquotient zu beiden Seiten der genannten Absorptionslinien in besonders starker „anomaler“ Weise variiert. Diese Erscheinungen sind als ein experimenteller Beweis der endlichen Verweilzeit der Atome in angeregten Quantenzuständen und damit des ersten Bohrschen Postulats anzusehen. Klassisch konnte man die Absorption und anomale Dispersion leuchtender Gase durch Mitschwingen der quasielastisch gebundenen Elektronen im Thomsonschen Atommodell erklären. Seitdem jedoch das Rutherford-Bohrsche Kernatom mit den nach Quantengesetzen umlaufenden Elektronen an die Stelle des Thomsonschen Modelles getreten ist, kann man die Versuche über Absorption und anomale Dispersion elektrisch oder optisch erregter, leuchtender Gase und Dämpfe nur durch das Bohrsche Postulat deuten, daß die Atome auch in Zuständen höherer Energie eine endliche Zeit existieren können, ohne zu strahlen. Im Wasserstoff z. B. werden die Moleküle durch elektrische Erregung in Atome gespalten, und zu gleicher Zeit wird ein Elektron in den zweiten Quantenzustand gehoben. Dies ist der Grundzustand der bekannten Balmerreihe⁶⁾. In der Tat zeigt Wasserstoff, wenn er genügend stark erregt wird, bei geeigneter Versuchsanordnung auch die Balmerlinien in Absorption, ja es ist wenigstens an den ersten Balmerlinien H_α und H_β anomale Dispersion und ihre Begleiterscheinung, die Magnetorotation, nachgewiesen worden⁷⁾. Auch in anderen Gasen und Dämpfen (Hg, He) hat man verschiedentlich Absorption und anomale Dispersion angeregter Atomzustände beobachtet⁸⁾. Besonders deutlich zeigt sich die endliche Verweilzeit der Atome bei Fächtbauers Versuchen über Fluoreszenz von angeregtem Hg-Dampf⁹⁾.

⁵⁾ J. Holtsmark, Phys. ZS. 20, 88, 1919; G. B. Harrison, Proc. Nat. Ac. 8, 260, 1922.

⁶⁾ Daß die Balmerlinien wirklich vom neutralen Atom und nicht, wie man früher annahm, vom ionisierten Atom ausgesandt werden, ist kürzlich durch die Versuche von W. Wien (Ann. d. Phys. 70, 1, 1923) erwiesen.

⁷⁾ R. Ladenburg u. St. Loria, Verh. d. D. phys. Ges. 10, 858, 1908; R. Ladenburg, Phys. ZS. 10, 497, 1909.

⁸⁾ Vgl. R. Küch u. T. Retschinsky, Ann. d. Phys. 22, 852, 1907; A. Pflüger, ebenda 24, 519, 1907; P. P. Koch u. W. Friedrich, Phys. ZS. 12, 1193, 1911; F. Paschen, Ann. d. Phys. 45, 625, 1914.

⁹⁾ Chr. Fächtbauer, Phys. ZS. 21, 635, 1920.

²⁾ Näheres vgl. im Artikel Coster dieses Heftes.

³⁾ D. Coster, Phil. Mag. 44, 546, 1922.

⁴⁾ Vgl. z. B. die neueren Untersuchungen von W. Grotrian, ZS. f. Phys. 12, 218, 1923.

bei dem dieser durch Absorption der Linie 2537 in den Zustand $2p_2$ gelangt und nun, von hier aus von neuem angeregt, auch andere Linien in Fluoreszenz aussendet.

4. Was die Stärke der Absorption betrifft, so sagen Bohrs Postulate hierüber ebensowenig aus wie über die Intensität der bei Übergängen zu niedrigeren Energiestufen emittierten Spektrallinien. Bei unserer Unkenntnis des eigentlichen Übergangsprozesses sind wir zur Beschreibung dieser Vorgänge vorläufig gezwungen, mit Einstein¹⁰⁾ anzunehmen, daß sie durch Wahrscheinlichkeitsgesetze geregelt sind. Danach besitzt das Atom im stationären Zustand (k) eine gewisse Wahrscheinlichkeit, unter Aussendung von Strahlung von selbst, d. h. ohne angebbare äußere Veranlassung, in einen Zustand (i) kleinerer Energie überzugehen. Der Wahrscheinlichkeitsfaktor a_{ki} , der für diesen Übergang charakteristisch ist, hängt nur von der Natur des betrachteten Systems ab. Diese Annahme ist formal ganz analog den Vorstellungen der klassischen Elektrodynamik. Hier ist zwar nicht von Wahrscheinlichkeitsgesetzen die Rede; aber die Ausstrahlung eines klassischen quasi-elastisch gebundenen Oszillators ist ebenfalls nicht durch äußere Ursachen bestimmt, sondern hängt nur von dem strahlenden System selbst ab. Ebenso entspricht nach Einsteins Annahmen die Wirkung einer äußeren Strahlung auf ein Quantenatom derjenigen, die ein klassischer Oszillator durch eine auffallende Welle erfährt. Wenn deren Frequenz sich von der Eigenfrequenz des Oszillators nur wenig oder gar nicht unterscheidet, besteht die Reaktion des Oszillators in einer Vermehrung oder einer Verminderung seiner Energie, je nach dem Phasenunterschied zwischen der äußeren Welle und der Bewegung des Oszillators. In Analogie hierzu nimmt Einstein an, daß das Atom im Zustand k eine durch den Faktor b_{ik} charakterisierte Wahrscheinlichkeit besitzt, unter Aufnahme der Energie $h\nu$ aus der auffallenden Welle in den höheren Zustand i überzugehen („positive Einstrahlung“), und daß ein Atom im Zustand k eine andere Wahrscheinlichkeit (b_{ki}) besitzt, unter dem Einfluß der äußeren Welle in den Zustand i zurückzukehren („negative Einstrahlung“).

Wir sehen in dieser Analogie der klassischen und quantenmäßigen Emissions- und Absorptionsgesetze die Folge des Bohrschen Korrespondenzprinzips — allerdings ist die Benutzung der Wahrscheinlichkeitsbegriffe wohl nur als eine provisorische anzusehen, die unsere Unkenntnis der wirklichen Vorgänge in besonders deutliches Licht rückt.

Das Korrespondenzprinzip knüpft an die Tatsache an, daß im Gebiet großer Quantenzahlen n ,

wo sich benachbarte Zustände energetisch relativ wenig voneinander unterscheiden

$$(n' - n'' \ll \begin{cases} n' \\ n'' \end{cases})$$

die bei einem Übergang $n' \rightarrow n''$ ausgestrahlte Schwingungszahl übereinstimmt mit der harmonischen Komponente $(n' - n'')\omega$ in der Fourierzerlegung der Bewegung des Elektrons, wobei ω die Umlaufszahl ist¹¹⁾. So ist z. B. beim Wasserstoffatom die beim Übergang $n' \rightarrow n''$ emittierte Schwingungszahl:

$$\nu = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n''^2} \right),$$

wo R die Rydbergsche Zahl ist. Andererseits ist die Umlaufszahl ω in der durch die Quantenzahl n charakterisierten Bahn:

$$\omega_n = \frac{2R}{n^3}.$$

Ist also

$$n' - n'' \ll \begin{cases} n' \\ n'' \end{cases}$$

so wird

$$\nu = R \frac{n'^2 - n''^2}{n'^2 n''^2} \sim 2R \frac{n' - n''}{n^3} = (n' - n'') \omega_n.$$

Bei großen Schwingungszahlen, d. h. kleinen Quantenzahlen ist eine solche Übereinstimmung natürlich nicht möglich, da dort die Umlaufzahlen selbst in benachbarten Bahnen ganz verschieden sind, während die Schwingungszahl ν stets von der Energiedifferenz beider Bahnen abhängt. Es läßt sich jedoch leicht zeigen, daß auch in diesem Falle ν als ein bestimmter Mittelwert über die entsprechende harmonische Komponente $(n' - n'')\omega$ der Anfangs- und Endbahn sowie einer kontinuierlichen Reihe gedachter Zwischenbahnen darstellbar ist¹²⁾.

Wir sagen mit Bohr, daß die beim Übergang $n' \rightarrow n''$ ausgesandte Schwingungszahl ν mit der harmonischen Komponente $(n' - n'')\omega$ in der Bewegung des Elektrons „korrespondiert“.

Eine ähnliche Korrespondenz ist nach Bohr auch zwischen der Intensität der betreffenden Spektrallinie, d. h. dem Wahrscheinlichkeitsfaktor a_{ki} des zugehörigen Quantenübergangs und den Amplitudenquadraten der „korrespondierenden“ Komponente (in den Anfangs-, End- und Zwischenbahnen) zu erwarten; obzwar vorläufig noch nicht sicher feststeht, welcher Mittelwert der Amplitudenquadrate zu nehmen ist. Auf Grund dieser Intensitätskorrespondenz ist Kramers zu einer Reihe bedeutsamer Übereinstimmungen mit den Experimenten über Intensität der Feinstruktur und der Starkeffekt Komponenten gekommen, indem er folgenden Ansatz machte: er verglich die von einem Quantenatom pro Sekunde ausgesandte Energie

$$S_Q = \alpha_{ki} h \nu_0$$

¹⁰⁾ A. Einstein, Phys. Zs. 18, 121, 1917; wir folgen hier der Darstellung von N. Bohr, Zs. f. Phys. 13, 117; spez. S. 141, 1923.

¹¹⁾ Der Einfachheit halber betrachten wir hier einfach periodische Systeme, die durch eine Quantenbedingung festgelegt sind. (Die allgemeinere Formulierung vgl. im Artikel Kramers dieses Heftes.)

mit der Energie S_{kl} , die nach der klassischen Elektrodynamik von einem Elektron bei einer rein harmonischen Schwingung

$$\xi = C \cos 2\pi \nu^* t$$

ausgesandt wird¹²⁾. Dabei ist C die Amplitude der „korrespondierenden“ harmonischen Komponente $\nu^* = (n' - n'') \omega$. Da S_{kl} den Wert

$$S_{kl} = \frac{16\pi^4 e^2 \nu^{*4}}{3 c^3} C^2$$

annimmt (wo e die Elektronenladung, c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist), so folgt durch Gleichsetzen von S_Q und S_{kl} für hohe Quantenzahlen, bei denen ν^* in ν_0 übergeht, und durch eine — allerdings nicht zwangsläufige — Extrapolation in das Gebiet kleiner Quantenzahlen:

$$a_{ki} = \frac{16\pi^4 e^2 \nu_0^3}{3 c^3 h} \overline{C^2} \quad (1)$$

wobei $\overline{C^2}$ einen Mittelwert der Amplitudenquadrate in den Anfangs-, End- und Zwischenbahnen darstellt. Hieraus ergibt sich z. B. für die Übergangswahrscheinlichkeit des linearen harmonischen Quantenoszillators aus dem $(n+1)$ ten in den n ten Quantenzustand, falls man nicht den Mittelwert $\overline{C^2}$, sondern die Amplitude im oberen Quantenzustand verwendet, auf Grund der Gleichung

$$m C^2 2\pi^2 \nu_0^2 = (n+1) h \nu_0$$

der Wert¹³⁾:

$$(a_{ki})_{\text{linear. Osz.}} = (n+1) \frac{8\pi^2 e^2 \nu_0^2}{3 m c^3} = \frac{n+1}{\tau} \quad (2a)$$

wobei

$$\tau = \frac{3 m c^3}{8\pi^2 e^2 \nu_0^2}$$

die „Abklingungszeit“ des klassischen Oszillators und $\frac{1}{\tau}$ sein Dämpfungsfaktor ist. Die Kramerssche Rechnungsweise erfordert die Benutzung eines Mittelwertes des Amplitudenquadrates und damit der Quantenzahl. Bei Benutzung des arithmetischen Mittelwertes wird für den linearen Oszillator:

$$a_{ki} = \frac{n+1}{\tau} \quad (2b)$$

bei Benutzung des logarithmischen Mittelwertes (vgl. Kramers a. a. O.):

$$a_{ki} = \frac{1}{e} \cdot \frac{(n+1)^{n+1}}{n^n} \cdot \frac{1}{\tau}$$

wo e die Basis des natürlichen Logarithmus ist. Für den räumlichen isotropen Oszillator (3 Freiheitsgrade) entsteht eine gewisse Schwierigkeit durch die Frage, ob eine Nullpunktsenergie vom

Betrage $h\nu_0$ zu berücksichtigen ist. Davon hängt nämlich der Wert der statistischen Gewichte und der oben erwähnten Wahrscheinlichkeitsfaktoren b der erzwungenen Übergänge ab, die für die folgenden Betrachtungen von Bedeutung sind. Sieht man von der Einführung einer Nullpunktsenergie ab, so wird das statistische Gewicht eines räumlichen isotropen Oszillators im n ten Quantenzustand¹⁴⁾:

$$g_n = \frac{1}{2} (n+1) (n+2).$$

Für a_{kl} ergibt sich in diesem Falle der gleiche Wert wie für den linearen Oszillator.

5. Entsprechende Überlegungen kann man zur Bestimmung der Stärke der Absorption anwenden. Der nächstliegende Weg ist der, daß man aus den beobachteten Werten der Absorption im Bereich einer Spektrallinie den zugehörigen Wahrscheinlichkeitsfaktor der erzwungenen Übergänge zu berechnen sucht¹⁵⁾; man setzt dabei die

Gesamtabsorption $\int \frac{4\pi}{\lambda} n x d\nu$, genommen über die gemessene Absorptionskurve, gleich dem bei wahren Quantenübergängen von N Atomen absorbierten Bruchteil der auffallenden Strahlung. Dieser Berechnung gegenüber ist das Bedenken erhoben worden, daß bei Absorptionsmessungen nicht allein die Wirkung wahrer Quantenübergänge, sondern hauptsächlich eine auf Zerstreuung beruhende Schwächung des Lichtes beobachtet wird¹⁶⁾.

Ohne vorläufig auf diese Frage einzugehen, auf die wir in § 6 zurückkommen werden, kann man rein theoretisch die durch wahre Quantenübergänge von N Atomen erzeugte Absorption mit der Gesamtschwächung vergleichen, die \mathcal{N} klassische, monochromatische Oszillatoren mit der Masse und Ladung eines Elektrons, deren Dämpfung lediglich auf Ausstrahlung beruht, auf einen ausgedehnten, die Eigenschwingungszahl ν_0 umfassenden Spektralbezirk ausüben; man erhält dann eine einfache Beziehung zwischen \mathcal{N} , N und den Wahrscheinlichkeitsfaktoren und kann auf Grund dieser Beziehung eine Reihe der Beobachtungen über Dispersion und Zerstreuung im Rahmen der Bohrschen Atomtheorie quantentheoretisch deuten¹⁷⁾. Bezeichnet man das experimentell bestimmbare Verhältnis (§ 8 ff.) $\frac{\mathcal{N}}{N}$ mit x ,

so kann man den obigen Vergleich von N Quantenatomen mit \mathcal{N} Oszillatoren formal, aber, wie im § 6 gezeigt wird, zugleich exakter, so ausdrücken, daß jedes Quantenatom bzw. jedes auf

¹²⁾ H. A. Kramers, Kgl. Danske. Vidensk. Selsk. Skrifter 8. Raekke III, S. 46; s. a. N. Bohr, Zs. f. Phys. 13, 145, 1923.

¹³⁾ Hierbei ist eine lineare Schwingung vorausgesetzt. Bei einer zirkularen Schwingung ist entsprechend für S_{kl} der doppelte Wert zu nehmen.

¹⁴⁾ Vgl. O. Stern u. M. Volmer, Phys. Zs. 20, 183, 1919, die diese Formel mit $n = 0$ für den Übergang aus dem 1. in den 0. Quantenzustand abgeleitet haben, sowie M. Planck, Theorie der Wärmestrahlung, 4. Aufl., S. 179, 1921.

¹⁵⁾ C. G. Darwin u. R. H. Fowler, Phil. Mag. 44, 472, 1922.

¹⁶⁾ Chr. Fächtbauer, Phys. Zs. 21, 322, 1920.

¹⁷⁾ J. Franck, Phys. Zs. 23, 79, 1922 (Diskussionsbemerkung auf dem Physikertag in Jena), vgl. a. N. Bohr, Zs. f. Phys. 13, 162, 1923.

¹⁸⁾ Vgl. R. Ladenburg, Zs. f. Phys. 4, 451, 1921, sowie eine demnächst erscheinende Arbeit der Verf. in der Zs. f. Phys., wo die i. f. mitgeteilten Ergebnisse näher begründet werden.

die äußere Strahlung reagierende Elektron ersetzt wird durch einen klassischen „Ersatzoszillator“ von der Ladung ex und der Masse xm . Die spezifische Ladung eines solchen Ersatzoszillators hat daher den normalen Wert $\frac{e}{m}$ des Elektrons.

Bedeutet N_i die Zahl der Quantenatome pro Volumeneinheit im tieferen Energieniveau i , ν_0 die beim Übergang auf das höhere Niveau k absorbierte Schwingungszahl, u_0 d. v. die Strahlungsdichte der auffallenden Strahlung dieser Schwingungszahl¹⁸⁾, so ist die durch Quantenübergänge pro Sekunde und Volumeneinheit absorbierte Energie:

$$A_Q = u_0 h \nu_0 (N_i b_{ik} - N_k b_{ki}) \dots (3a)$$

wo das 2. Glied von der oben (§ 4) genannten negativen Einstrahlung herrührt.

Andererseits ist der von \mathfrak{N} klassischen, räumlichen, isotrop gebundenen Oszillatoren der Eigenschwingungszahl ν_0 pro Sekunde und Volumeneinheit der auffallenden Strahlung entzogene Energiebetrag („Gesamtschwächung“¹⁹⁾)

$$A_k = \frac{\pi e^2}{m} \mathfrak{N} u_0 \dots (3b)$$

Bei dieser Überlegung ist sowohl klassisch wie quantenmäßig von einer Umwandlung der der auffallenden Strahlung entzogenen Energie in Wärmeenergie infolge von Zusammenstößen (Lorentzsche Stöße bzw. Stöße zweiter Art) abgesehen — in erster Linie deshalb, weil eine befriedigende Theorie dieser Erscheinung heute nicht existiert. Die entsprechende Vereinfachung der Betrachtung scheint aber sowohl theoretisch unbedenklich wie experimentell begründet: trägt man nämlich der Umwandlung der aufgenommenen Strahlungsenergie in Wärmeenergie in formaler Weise durch Einführung eines zum Faktor der Strahlungsdämpfung in der Schwingungsgleichung des Oszillators additiv hinzukommenden „Dämpfungsfaktors“ Rechnung, so ändert sich der Wert A_k nicht. Andererseits sind die fraglichen beobachteten Erscheinungen (Gesamtabsorption und Dispersion bzw. Magnetorotation) vom äußeren Druck nur wenig unabhängig²⁰⁾). Schließlich gibt sich dasselbe Resultat wie bei der hier angedeuteten Rechnung, wenn man die Verhältnisse bei Strahlungsgleichgewicht untersucht, wo Zusammenstöße sicherlich nichts ändern²¹⁾.

¹⁸⁾ Im allgemeinen setzt sich die in den folgenden Gleichungen auftretende Größe u_0 zusammen aus dem von der äußeren Welle herrührenden Anteil und dem Anteil der Eigenstrahlung des Gases; letzterer ist jedoch in vielen Fällen zu vernachlässigen.

¹⁹⁾ Vgl. M. Planck, Theorie der Wärmestrahlung, 4. Aufl., Formel 260 und 159; diese Formeln gelten für den linearen Oszillator und müssen für den räumlichen mit 3 multipliziert werden. Rechnet man mit den oben eingeführten „Ersatzoszillatoren“, so erhält man

$A_k = \frac{\pi(e \cdot x)^2}{m x} \mathfrak{N} u_0$, also mit $x = \frac{\mathfrak{N}}{N}$ wieder Formel (3b).

²⁰⁾ Vgl. Chr. Fichtbauer und G. Joos, Phys. Zs. 23, 73, 1922; R. Minkowski, ebenda S. 69.

²¹⁾ R. Ladenburg, l. c.

Setzt man nun

$$A_Q = A_k$$

so folgt:

$$\mathfrak{N} \frac{\pi e^2}{m} = h \nu_0 (N_i b_{ik} - N_k b_{ki}) \dots (4a)$$

Da im stationären Zustand ebensoviel Atome von i nach k wie von k nach i übergehen, ist nach Einstein:

$$u_{\nu_0} b_{ik} N_i = u_{\nu_0} b_{ki} N_k + a_{ki} N_k.$$

Da die Wahrscheinlichkeitsfaktoren a_{ki} , b_{ik} und b_{ki} nur von der Natur des Atoms abhängen, wird man die von Einstein für Strahlungsgleichgewicht im Hohlraum abgeleiteten Beziehungen:

$$g_i b_{ik} = g_k b_{ki}$$

und

$$b_{ik} = a_{ki} \frac{g_k}{g_i} \frac{c^3}{8 \pi h \nu_0^3} \dots (5)$$

unbedenklich auch außerhalb des Hohlraumes verwenden dürfen; hierbei sind g_i und g_k die statistischen Gewichte der zwei Quantenzustände i und k . Dann folgt:

$$A_Q = N_i h \nu_0 b_{ik} u_0 \frac{1}{1 + \frac{c^3 u_0}{8 \pi h \nu_0^3}} \dots (3c)$$

Der Faktor

$$\frac{1}{1 + \frac{c^3 u_0}{8 \pi h \nu_0^3}}$$

kann bei nicht zu hoher Strahlungsdichte am Ort der Atome und bei mäßiger Temperatur der Gasschicht praktisch gleich 1 gesetzt werden. Dann geht Gl. (4a) über in

$$\mathfrak{N} \frac{\pi e^2}{m} = N_i h \nu_0 b_{ik} \dots (4b)$$

Zur quantentheoretischen Deutung dieser Formel eignet sich besser als der hier benutzte Faktor b_{ik} der erzwungenen Übergänge der Faktor a_{ki} der spontanen Übergänge, da dieser bei bekanntem Atommodell nach dem Korrespondenzprinzip berechnet werden kann (vgl. § 4 u. § 8). Zur Umrechnung von b_{ik} auf a_{ki} benutzt man die Einsteinsche Beziehung (5) und erhält so die den folgenden Betrachtungen zugrunde liegende Formel:

$$\mathfrak{N} = N_i \frac{g_k}{g_i} a_{ki} \frac{m c^3}{8 \pi^2 e^2 \nu_0^2} \dots (4c)$$

Man kann in allen Fällen, für beliebige Atome, das korrespondenzmäßig berechnete a_{ki} auf die Form

$$a_{ki} = \frac{8 \pi^2 e^2 \nu_0^2}{3 m c^3} \cdot f = \frac{1}{\tau} \cdot f$$

bringen, wo f — aus dimensionellen Gründen — eine reine Zahl ist. Setzt man dies in (4c) ein, so folgt:

$$x = \frac{\mathfrak{N}}{N_i} = \frac{1}{3} f \cdot \frac{g_k}{g_i} \dots (4d)$$

die wohl als die einfachste Form der Beziehung zwischen \mathfrak{N} und N_i anzusehen ist.

Im Fall des linearen Quantenoszillators ist $g_i = g_k = 1$, im Fall des räumlichen ist

$$g_i = \frac{1}{2} (n+1)(n+2), \quad g_k = \frac{1}{2} (n+2)(n+3)$$

(vgl. § 4), wenn i dem n ten und k dem $(n+1)$ ten Quantenzustand entspricht. Somit erhält man aus der Formel (2 a) mit Benutzung der Einsteinschen Beziehung (5) für die Wahrscheinlichkeit der erzwungenen Übergänge aus dem n ten in den $(n+1)$ ten Zustand die Werte:

$$(b_{ik})_{\text{linearer Osz.}} \cdot h \nu_0 = (n+1) \frac{\pi e^2}{3 m} \dots (6a)$$

bzw.

$$(b_{ik})_{\text{räuml. Osz.}} \cdot h \nu_0 = (n+3) \frac{\pi e^2}{3 m} \dots (6b)$$

Betrachtet man also als Quantenatome — deren Absorption mit der von \mathfrak{N} klassischen Oszillatoren verglichen wird — speziell N_i lineare Quantenoszillatoren, so wird

$$\mathfrak{N} = \frac{n+1}{3} N_i \dots (7a)$$

und bei räumlichen Quantenoszillatoren:

$$\mathfrak{N} = \frac{n+3}{3} N_i \dots (7b)$$

Für den Übergang zwischen dem untersten ($n=0$) und dem nächstliegenden Quantenzustand wird also für lineare Quantenoszillatoren:

$$\mathfrak{N} = \frac{1}{3} N_i \dots (8a)$$

für räumliche:

$$\mathfrak{N} = N_i \dots (8b)$$

Benutzt man dagegen zur Berechnung von a_{ki} wie in Gleichung (2b), den arithmetischen Mittelwert der Quantenzahlen, so lauten die allgemeinen Beziehungen:

$$\mathfrak{N}_{\text{lin. Osz.}} = \frac{n+\frac{1}{2}}{3} N_i \left| \dots (7c) \right.$$

bzw.

$$\mathfrak{N}_{\text{räuml. Osz.}} = \frac{\left(n+\frac{1}{2}\right)(n+3)}{3\left(n+\frac{1}{2}\right)} N_i \left| \dots (7d) \right.$$

also für den Übergang in den tiefsten Quantenzustand:

$$\mathfrak{N}_{\text{lin. Osz.}} = \frac{1}{6} N_i \text{ bzw. } \mathfrak{N}_{\text{räuml. Osz.}} = \frac{1}{2} N_i \dots (8c)$$

Bisher war nur von dem einen Übergang $i \rightleftharpoons k$ die Rede. Im allgemeinen können von dem tieferen Niveau aus eine Reihe verschiedener Übergänge stattfinden — entsprechend einer Reihe einzelner Absorptionslinien. Sind diese im Spektrum genügend weit voneinander getrennt, so daß sich ihre Absorptionsgebiete nicht überlagern, so kann man den obigen Vergleich der Quantenabsorption mit der klassischen Gesamtschwächung für jede Absorptionsstelle einzeln anstellen. Jeder Absorptionslinie ν_s muß man dabei eine besondere Gruppe klassischer Oszillatoren zuordnen, so daß das klassische Modell aus \mathfrak{N}_1 Oszillatoren von der Eigenschwingungszahl ν_1 , \mathfrak{N}_2 Oszillatoren von der

Eigenschwingungszahl ν_2 usw. besteht²²⁾. Man erhält so eine Reihe von Einzelbeziehungen zwischen den auf die verschiedenen Stellen bezüglichen \mathfrak{N} -Werten und den zugehörigen Wahrscheinlichkeitsfaktoren. Über diese läßt sich allgemein nur das Folgende aussagen: Kann das Atom aus einem Zustand k nicht nur in i , sondern auch in andere tiefere Zustände h , g , usw. übergehen, so gilt für jeden Übergang $i \rightleftharpoons k$, $h \rightleftharpoons k$ usw. einzeln die Beziehung (5) zwischen a , b und den zugehörigen statistischen Gewichten, weil für jeden dieser Elementarvorgänge statistisches Gleichgewicht bestehen muß. Ist ferner a_k die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Zustand k überhaupt verlassen wird („Gesamtzerfallswahrscheinlichkeit“ des Zustandes k), so gilt für den spontanen Zerfall der Moleküle N_k im Zeitelement Δt das „radioaktive“ Zerfallsgesetz²²⁾:

$$-\Delta N_k = N_k a_k \Delta t;$$

der reziproke Wert von a_k wird deshalb auch als mittlere Verweilzeit des Atoms im Zustand k bezeichnet — entsprechend der mittleren Lebensdauer radioaktiver Atome. Da die verschiedenen Übergangsmöglichkeiten einander ausschließende Ereignisse im Sinne der Wahrscheinlichkeitsrechnung sind, so ist außerdem

$$a_k = a_{ki} + a_{kh} + a_{kq} \dots (9)$$

6. Die Zahl \mathfrak{N} , deren quantentheoretische Bedeutung für den Vorgang der Absorption in den Beziehungen (4) zum Ausdruck kommt, ist auch für die quantitative Beschreibung der *Dispersion und Zerstreuung* in der klassischen Theorie maßgebend. In der Dispensionsformel für einen Brechungsquotienten n :

$$\left. \begin{aligned} n^2 - 1 &= \mathfrak{N} \frac{\pi e^2}{m} \frac{1}{\pi^2 (\nu_0^2 - \nu^2)} \\ &= 4 \pi \mathfrak{N} \frac{e^2}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \end{aligned} \right\} \dots (10)$$

[$\omega = 2 \pi \nu = \text{Frequenz}$]

die bei Annahme einer einzigen Gruppe klassischer Oszillatoren außerhalb der engeren Umgebung von ν_0 gilt²³⁾, hat die Zahl \mathfrak{N} dieselbe Bedeutung wie in der Gl. (3 b) für A_{ki} . Denn die bei dieser Rechnung verwendeten quasielastisch gebundenen, isotropen räumlichen Oszillatoren kommen auch unter der Einwirkung einer äußeren Welle, deren Schwingungszahl ν von der Eigenschwingungszahl ν_0 der Oszillatoren abweicht, in Mitschwingen und erzeugen dadurch Sekundärwellen der Schwingungszahl ν , bewirken also eine Zerstreuung der auffallenden Wellen. Bei der Berechnung dieser Zerstreuung ist wegen unseres vorangehenden und folgenden Vergleichs mit N Quantenatomen allerdings zu beachten, daß die räum-

²²⁾ Vgl. O. Stern u. M. Volmer, Phys. Zs. 20, 181 1920.

²³⁾ Bei mehreren Gruppen von Oszillatoren tritt die Summe

$$\sum_{\nu} \mathfrak{N}_{\nu} \frac{\pi e^2}{m} \frac{1}{\pi^2 (\nu^2 - \nu^2)}$$

auf.

liche Anordnung der \mathcal{N} Oszillatoren mit der der N Quantenatome übereinstimmen muß, daß daher die \mathcal{N} Oszillatoren auf die N Raumpunkte gleichsam aufgeteilt werden müssen; sonst würden die von ihnen ausgehenden Sekundärwellen zu falschen Interferenzen Anlaß geben. Wir können diese Aufteilung wieder, gerade wie im vorangehenden § 5, formal so ausdrücken, daß an jedem der N Raumpunkte ein klassischer Oszillator von der Ladung $x e$ und der Masse $x m$ zu denken ist,

wobei, wie oben, $x = \frac{\mathcal{N}}{N}$ ist, oder mit anderen Worten:

jeder dieser N „Ersatzoszillatoren“ soll unter dem Einfluß der äußeren Welle ein elektrisches Moment annehmen, dessen Amplitude x mal so groß ist wie die eines klassischen Oszillators von der Ladung e und der Masse m . Der Betrag der von diesen Ersatzoszillatoren unter dem Einfluß äußerer Strahlung der Energiedichte u , $d v$ zerstreuten Energie pro Sekunde und Volumeneinheit außerhalb der Umgebung von v_0 ist:

$$Z_{kl}^v = \frac{N \cdot x^2 8 \pi e^4 v^4 u_r d v}{3 m^2 c^3 (v_0^2 - v^2)^2} = \frac{\mathcal{N} \pi e^2}{m} \frac{2 v^2 f u_r d v}{\pi (v_0^2 - v^2)^2} \quad (11)$$

wo

$$f = \frac{4 \pi e^2 v^2 x}{3 m c^3}$$

die Strahlungsdämpfung eines der Ersatzoszillatoren ist. Diese Sekundärwellen stehen mit der Primärwelle in enger Phasenbeziehung; durch gegenseitige Interferenz wird die Geschwindigkeit der Primärwelle abgeändert, und zwar um so stärker, je näher v an v_0 liegt, d. h. das Licht wird dispersiert. Quantitativ findet dieser Zusammenhang seinen Ausdruck in der sogenannten Rayleighschen Beziehung zwischen zerstreuter Energie der Welle v und Brechungsquotient, die in unserer Bezeichnung lautet^{23a)}:

$$Z_{kl}^v = \frac{8 \pi^3 (n^2 - 1)^2}{3 N \lambda^4} c u_r d v \quad \left(\text{wo } \lambda = \frac{c}{v} \right) \quad (12)$$

Die Vereinigung dieser beiden Gleichungen für Z_{kl}^v führt unmittelbar zu der obigen Dispersionsformel (10):

$$n^2 - 1 = \frac{N x e^2}{\pi m (v_0^2 - v^2)} = \frac{\mathcal{N} \pi e^2}{m} \frac{1}{\pi^2 (v_0^2 - v^2)}$$

Sowohl Stärke der Zerstreuung als der Dispersion ist mithin durch das Produkt $\frac{\mathcal{N} \pi e^2}{m}$ bestimmt — gerade wie die Stärke der Gesamtschwächung [Gl. (3b)].

Wie ein Quantenatom auf eine beliebige Welle v reagiert, ist nach Bohr mittels der klassischen Mechanik und Elektrodynamik zurzeit nicht allgemein berechenbar. Aber die weitgehende Bestätigung der klassischen Gleichungen (10)–(12) in dem großen Gebiet der Dispersions- und Zerstreuungserscheinungen zeigt die Brauchbarkeit der klassischen Vorstellungen, daß die Atome durch die auffallende Strahlung zur Aussendung interferenzfähiger Wellenzüge angeregt werden. Ja im Falle der regelmäßig angeordneten Kristallatome treten die Interferenzen der sekundären Wellenzüge im Laue-Diagramm der Röntgenstrahlen unmittelbar in Erscheinung. Darum scheint uns, in Übereinstimmung mit Bohr²⁴⁾, folgende Annahme notwendig: die Quantenatome sollen in ähnlicher Weise wie klassische Oszillatoren unter der Einwirkung einer Welle der Schwingungszahl v sekundäre interferenzfähige Wellenzüge in bestimmter Phasenbeziehung mit der auffallenden Welle erzeugen, und zwar soll die von einem bestimmten Volumen mit N Quantenatomen auf diese Weise zerstreute Energie den Betrag besitzen, der sich klassisch aus dem Mitschwingen von \mathcal{N} harmonischen auf die N Raumpunkte verteilten Oszillatoren in der oben angegebenen Weise berechnen läßt. Bei der Aussendung dieser Sekundärwellen handelt es sich offenbar nicht um einen eigentlichen „Quantenvorgang“, bei dem das Atom in einen neuen stationären Quantenzustand übergeht, um dort endliche Zeit zu verweilen. Sonst wäre die notwendige Phasenbeziehung zwischen Sekundär- und Primärwelle nicht verständlich. Deshalb ist der Vorgang der Zerstreuung auch nicht an die Aufnahme eines ganzen Quantums $h v$ gebunden, eine Folgerung, die mit der Unabhängigkeit der Dispersionserscheinungen von der Beleuchtungsstärke bis herab zu sehr geringer Lichtintensität im Einklang ist²⁵⁾.

Wie im einzelnen eine solche Sekundärwelle bei den Quantenatomen zustandekommt, können wir zurzeit ebensowenig angeben, wie die Einzelheiten beim Mechanismus des Quantenübergangs. Aber die maßgebende Beziehung der Reaktion der Atome auf eine äußere Welle v zu den eigentlichen Quantenprozessen und den eigentümlichen Eigenschaften eines Quantenatoms ergibt sich auf Grund der Beziehungen (4). Denn diese sagen aus, daß gerade der Ausdruck $\frac{\mathcal{N} \pi e^2}{m}$, der in der klassischen Theorie die Stärke der Zerstreuung und der Dispersion bestimmt, die quantentheoretische Bedeutung des Produktes $N_i h v_0 \cdot b_{ik}$ besitzt, bzw. daß die Zahl \mathcal{N} der klassischen Oszillatoren in der Quantentheorie dieser Erscheinungen zu ersetzen ist durch

$$N_i \frac{g_k}{g_i} \cdot a_{ki} \cdot 3$$

wo

$$\tau = \frac{3 m c^3}{8 \pi^2 e^2 v_i^2}$$

^{23a)} Wie man besonders aus der von Einstein herührenden Ableitung dieser Beziehung mit Hilfe der Dichteschwankungen erkennt (Ann. d. Phys. 33, 1275, 1910), muß hier in der Tat, unabhängig von der speziellen Molekularvorstellung, die wirkliche Zahl N der schwankenden Teilchen, ohne den Faktor x , auftreten.

²⁴⁾ Zs. f. Phys. 13, 161, 1923.

²⁵⁾ Vgl. R. Gans und A. P. Miguez, Ann. d. Phys. (4) 52, 291, 1917.

die „Abklingungszeit“ des klassischen Oszillators ist²⁶⁾). Natürlich überlagern sich an einer bestimmten Stelle ν des Spektrums die Wirkungen der verschiedenen möglichen Quantenübergänge des Atoms, so daß an die Stelle des Produktes

$N_i h \nu_0 b_{ik}$ die Summe $\sum_s N_i h \nu_0^{(s)} \cdot b_{ik}^{(s)}$ tritt. Mit

andern Worten: die Wahrscheinlichkeit der möglichen Quantenübergänge an den Stellen $\nu_0^{(s)}$ ist ein Maß nicht nur für den Betrag der Quantenabsorption von Licht der Schwingungszahlen $\nu_0^{(s)}$, sondern auch für den Betrag der Zerstreuung und Dispersion, den eine Welle beliebiger Schwingungszahl ν erfährt²⁷⁾. Dabei nehmen wir nicht etwa an, daß die Übergänge unter dem Einfluß der Welle ν wirklich zustande kommen. Vielmehr müssen wir uns nach dem Korrespondenzprinzip vorstellen [vgl. § 4, speziell Gl. (1)], daß diese Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen der Quantenübergänge durch die Amplitude der mit ν_0 korrespondierenden harmonischen Komponente der Bewegung, also durch die Konfiguration des Atoms bestimmt ist, und es ist begreiflich, daß diese Amplitude nicht nur die Häufigkeit der wirklichen Quantenübergänge an den Stellen $\nu_0^{(s)}$, sondern auch die Reaktion des Atoms auf Wellen beliebiger Schwingungszahl regelt. Der provisorische Charakter dieser Vorstellungen erhält allerdings daraus, daß nicht nur die Bewegung des Atoms im unteren Zustande der möglichen Quantenübergänge die genannte Reaktion beeinflusst, sondern auch die Bewegung in dem gar nicht zustande kommenden höheren Quantenzustande und in den Zwischenzuständen.

Die dargelegte Auffassung führt auf Grund der korrespondenzmäßig berechneten Übergangswahrscheinlichkeit des Quantenoszillators zu dem Ergebnis [vgl. Gl. (8 b)], daß ein einzelner räumlicher Quantenoszillator im untersten Quantenzustand annähernd ebenso stark zerstreut wie ein klassischer Oszillator. Wegen der oben (§ 4) besprochenen Unsicherheit in der Wahl des Mittelwertes der Quantenzahlen ist ein genauerer Vergleich zurzeit nicht möglich.

Wenn die Schwingungszahl ν der auffallenden Welle mit einer der Schwingungszahlen ν_0 der möglichen Quantenübergänge des Atoms nahezu oder gar vollständig übereinstimmt, wird die Zerstreuung sehr groß, wenigstens wenn man die klassischen Formeln vollständig in die Quantentheorie übernimmt; außerdem aber kann eine Welle ν_0 wahre Quantenübergänge erzeugen, wie

u. a. aus Untersuchungen der Resonanzstrahlung hervorgeht²⁸⁾. Mithin setzt sich die bei Absorptionsmessungen beobachtete Lichtschwächung aus Quantenabsorption und aus zerstreuter Energie zusammen²⁹⁾. Trotzdem scheint es uns berechtigt, so wie in § 5 bei der Ableitung der Beziehungen (4) die von N Quantenatomen bei vollständigen Übergängen aufgenommene Energie (Gl. 3c) $N_i h \nu_0 b_{ik} u_{\nu_0}$ zu vergleichen mit

der Gesamtschwächung $\frac{N \pi e^2}{m} u_{\nu_0}$ die N Oszillatoren

auf einfallende Strahlung ausüben; denn man kann sich begrifflich bei den Atomen auf den Fall der reinen Quantenabsorption unter Vernachlässigung der Zerstreuung beschränken. Die Berechtigung hierzu ergibt sich korrespondenzmäßig besonders deutlich durch den von M. Planck³⁰⁾ geführten Beweis, daß die Einsteinsche Energiebilanz der Ein- und Ausstrahlung eines Atoms bei vollständigen Quantenübergängen im Gebiete hoher Quantenzahlen formal genau in die klassische Energiebilanz der Ein- und Ausstrahlung für Oszillatoren übergeht. Man muß sich also darüber klar sein: beim Quantenatom sind die Vorgänge der Zerstreuung einerseits und die der Quantenabsorption und -emission andererseits zwei vorläufig scheinbar wesensverschiedene getrennte Prozesse, beim klassischen Oszillator dagegen sind die entsprechenden Vorgänge ununterscheidbar, sie sind gleichsam zu einem einheitlichen Prozeß verschmolzen.

Aus den Beziehungen (4) und aus der oben formulierten Annahme, daß N Quantenatome ebenso stark wie N Oszillatoren eine Welle ν zerstreuen, folgt, daß der gesamte Betrag der Zerstreuung eines ausgedehnten, ν_0 umfassenden Spektralbereichs — bei Vernachlässigung der Quantenabsorption — wiederum denselben Wert $N_i h \nu_0 b_{ik} u_{\nu_0}$ besitzt, wie der Betrag der bei Quantenübergängen — unter Vernachlässigung der Zerstreuung — aufgenommenen Energie. Zwar geht aus dieser Überlegung nicht hervor, wie sich die beobachtete Absorption aus Zerstreuung und aus Quantenübergängen zusammensetzt und wie man in diesem allgemeinen Fall aus der beobachteten Absorption die Wahrscheinlichkeitsfaktoren zu berechnen hat. Bedeutungsvoll ist es aber jedenfalls, daß die Messungen der Absorption zu ähnlichen Werten von N , also auch

²⁶⁾ Vgl. bes. R. J. Strutt, Proc. Roy. Soc. (A) 96, 272, 1919; Chr. Fichtbauer, Phys. Zs. 21, 635, 1920, sowie N. Bohr, Zs. f. Phys. 2, 437, 1920; O. Stern u. M. Volmer, Zs. f. wiss. Phot. 19, 275, 1920; J. Franck, Zs. f. Phys. 9, 260, 1922; G. Cario, Zs. f. Phys. 10, 185, 1922.

²⁹⁾ Nach Bohr (a. a. O.) beruht die beobachtete Absorption „hauptsächlich“ auf einer durch Zerstreuung bedingten Schwächung. Diese Zerstreuung an den Stellen ν_0 ist wohl mit dem von Bohr früher als „unvollständiger Übergang“ bezeichneten Prozeß (Abh. über Atombau S. 18 u. 140) zu identifizieren.

³⁰⁾ Theorie der Wärmestrahlung, 4. Aufl., § 153.

²⁶⁾ Die Anwendung der Beziehung (4) auf den Brechungsquotienten bedeutet implizite, daß die Rayleighsche Gl. (12) für den Zusammenhang zwischen zerstreuter Energie und Brechungsvermögen auch in der Quantentheorie gültig bleibt.

²⁷⁾ Vgl. N. Bohr, Abh. über Atombau S. 139; Zs. f. Phys. 13, 162, 1923; R. Ladenburg, Zs. f. Phys. 4, 451, 1921.

von $a_{ki} \frac{g_k}{g_i}$ führen, wie die der Dispersion³¹⁾. Dies würde man ohne weiteres verstehen, falls die beobachtete Absorption vollständig auf Zerstreuung beruht.

Eine bestimmte Vorstellung über das Zustandekommen kohärenter sekundärer Wellenzüge bei Quantenatomen hat kürzlich C. G. Darwin³²⁾ bei einem Versuch der quantentheoretischen Deutung der Dispersionerscheinungen entwickelt. Er nimmt an, daß die Atome unter dem Einfluß der Welle v eine gewisse Wahrscheinlichkeit gewinnen, tatsächlich einen Quantenübergang zu vollziehen, und daß sie bei ihrer Rückkehr in den Normalzustand die für diesen Übergang charakteristische Schwingungszahl ν_0 aussenden. Trotzdem soll diese Welle ν_0 in bestimmter Phasenbeziehung zur auffallenden Welle v stehen, und durch statistische Wirkung vieler Atome soll die Sekundärwelle v zustandekommen, die durch Interferenz mit der Primärwelle deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit ändert. Tatsächlich stimmt die von Darwin so gefundene Frequenzabhängigkeit der Amplitude der Sekundärwelle genau mit der klassischen Form überein. Daneben ergibt sich durch Vergleich mit der klassischen Formel eine Beziehung zwischen der Zahl \mathfrak{N} der klassischen Oszillatoren und der Wahrscheinlichkeit des Ansprechens der Atome auf die Welle v . Man könnte dies Ergebnis wenigstens formal mit den hier entwickelten Überlegungen vereinen, indem man annimmt, daß das Ansprechen der Atome durch den Wahrscheinlichkeitsfaktor a_{ki} der spontanen Übergänge und das Verhältnis der statistischen Gewichte $\frac{g_k}{g_i}$ bestimmt ist. Durch geeignete

Wahl des Proportionalitätsfaktors würde sich dann neben der richtigen Frequenzabhängigkeit auch die nach unserer Ansicht maßgebende Beziehung (4) zwischen \mathfrak{N} und N ergeben. Begrifflich ist der Zusammenhang zwischen der Stärke des Ansprechens der Atome auf die Welle v und dem Wahrscheinlichkeitsfaktor a_{ki} , d. h. korrespondenzmäßig der Amplitude der mit ν_0 korrespondierenden harmonischen Komponente, gerade bei unserer Auffassung unbedingt zu erwarten. Andererseits läßt jedoch diese Modifikation der Darwinschen Rechnung die Frage offen, wie die Quantenatome unter dem Einfluß einer Welle v , auch beliebig geringer Amplitude, zur Aussendung einer mit ihr in fester Phasenbeziehung

stehenden Welle ν_0 veranlaßt werden; jedenfalls ist dieser Prozeß nur mit den Grundpostulaten vereinbar, wenn er nicht mit einem vollständigen Quantenübergang verbunden ist³³⁾. Die wesentliche Schwierigkeit des Problems, die Aussendung kohärenter Sekundärwellen zu erklären, ist also auch bei dieser Auffassung keineswegs behoben, sondern nur etwas verschoben und vielleicht etwas schärfer präzisiert.

7. Enthält das Quantenatom nicht nur ein, sondern p lockere Elektronen der gleichen Bindung (gleiches ν_0), so ist als klassisches Modell für den Zerstreuungsvorgang im optischen Gebiet eine Gesamtheit von $\mathfrak{N}p$ Oszillatoren zu wählen, wobei je p Oszillatoren eine (im Vergleich zur Wellenlänge λ) eng zusammenliegende Untergruppe bilden. Dabei sind wieder die Oszillatoren in der früher angegebenen Weise auf die Raumpunkte, an denen sich die $N \cdot p$ Elektronen befinden, aufgeteilt zu denken. Für den Brechungsquotienten n außerhalb der engeren Umgebung von ν_0 ergibt sich dann der Ausdruck:

$$n^2 - 1 = \frac{\mathfrak{N} p \pi e^2}{m} \cdot \frac{1}{\pi^2 (\nu_0^2 - \nu^2)} \quad (10a)$$

während im Nenner der Rayleighschen Zerstreuungsformel (12) N stehen bleibt³⁴⁾. Auch hier ist die Beziehung (4) zwischen \mathfrak{N} und N unverändert — also mit \mathfrak{N} auf der linken Seite — beizubehalten, da bei den Quantenübergängen, die der ursprünglichen Ableitung dieser Beziehung zugrunde liegen, stets nur eins der p Elektronen übergeht. Der Betrag der Zerstreuung (11) ist in diesem Falle wegen der Phasenübereinstimmung der eng zusammenliegenden p Elektronen p^2 mal so groß als bei einem einzelnen Elektron.

Der Ausdruck $\frac{\mathfrak{N} \pi e^2}{m}$ kommt in der klassischen Dispersionstheorie so häufig vor, daß man ihn seit Voigt mit einem Buchstaben bezeichnet und $\frac{4\pi \mathfrak{N} e^2}{m} = q$ schreibt. Die Bestimmung des Wertes von q ist das wesentliche Ergebnis der Messungen der Dispersion und Absorption. Man erhält bei Untersuchung dieser Erscheinungen in der Umgebung der verschiedenen Serienlinien einer Substanz recht verschiedene Werte von q und deutete sie früher klassisch durch verschiedene Werte von \mathfrak{N} , die mit der Zahl der Moleküle pro Volumeneinheit N ³⁵⁾ i. a. nicht übereinstimmen, während man für $\frac{e^2}{m}$ meist den universalen Wert des Elektrons einsetzte; aus den Messungen der normalen Dispersion fern von den Eigenschwingungen hat man umgekehrt, bei

³¹⁾ Vgl. bes. die Untersuchungen an den D-Linien von Füchtbauer u. Schell, Verh. d. D. Phys. Ges. 15, 974, 1913; Füchtbauer, Phys. Zs. 23, 73, 1922, über Absorption, und von Ladenburg u. Minkowski, Zs. f. Phys. 6, 153, 1921; Minkowski, Phys. Zs. 23, 69, 1922, über Dispersion; ferner die Messungen an den höheren Cs-Linien von Füchtbauer-Hofmann, Ann. d. Phys. 43, 96, 1914 (Absorption), und D. S. Rogestwensky, Trans. opt. Inst. Petrograd II, Nr. 13, 1921, spez. S. 36 (Dispersion).

³²⁾ Nature 110, 841, 1922.

³³⁾ Vgl. Bohrs Bemerkungen zu Darwins Überlegungen (Zs. f. Phys. 13, 163, 1923).

³⁴⁾ Vgl. A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien, 3. Aufl., S. 650/1.

³⁵⁾ Bei unerregten Atomen ist die Molekülzahl N von der Zahl N_i praktisch im allgemeinen nicht zu unterscheiden.

Identifikation von \mathfrak{R} mit N , häufig für die spezifische Ladung $\frac{e}{m}$ des Oszillators Werte gefunden, die von dem bekannten Wert bei den Kathodenstrahlen und dem normalen Zeemaneffekt ($\frac{e}{mc} = 1,77 \cdot 10^7$) abweichen. Diese Diskrepanz hat man verschiedentlich versucht, durch die Bindungsanisotropie der Elektronen im benutzten Molekülmodell auf klassischem Wege zu deuten³⁰⁾. Der wesentliche Unterschied der hier dargestellten quantentheoretischen Deutung gegenüber der klassischen Auffassung besteht darin, daß man die Größe q in anderer Weise zerlegt³⁷⁾, nämlich in das Produkt aus der Molekülnzahl N_i und der Wahrscheinlichkeit für die Quantenübergänge.

8. Hiermit kommen wir zum Vergleich der gewonnenen theoretischen Ergebnisse mit dem Experiment. Wir müssen dabei unterscheiden zwischen den Messungen in unmittelbarer Nähe einer Absorptionslinie, die im wesentlichen durch die Werte der Wahrscheinlichkeitsfaktoren des betreffenden Quantenüberganges allein bestimmt sind, und den Messungen des Brechungsquotienten oder der Zerstreuung in größerer Entfernung von einer Absorptionslinie, wo sich die Wirkungen der verschiedenen Übergänge überlagern.

Die genauesten Untersuchungen der ersteren Erscheinungsgruppe sind bisher an den Absorptionslinien der Alkalidämpfe ausgeführt. Aus der anomalen magnetischen Drehung der Polarisationssebene („Magnetorotation“) in der Umgebung der D-Linien bei genau bekannter Temperatur der homogenen Na-Dampfschicht folgt³⁸⁾, daß

also
$$\mathfrak{R}_{D_1} + \mathfrak{R}_{D_2} = N; \quad \mathfrak{R}_{D_1} : \mathfrak{R}_{D_2} = 1 : 2$$
$$\mathfrak{R}_{D_2} = \frac{2}{3} N; \quad \mathfrak{R}_{D_1} = \frac{1}{3} N$$

ist, wenn N die Zahl der Natriummoleküle im cem bedeutet. Zu annähernd dem gleichen Ergebnis führen Versuche an der 1. Linie der Cäsiumhauptserie, wenn man Füchtbauers Absorptionsmessungen mit Roschdestwenskys Dispersionsmessungen kombiniert³⁹⁾. Auf Grund der Beziehungen (4) zwischen \mathfrak{R} und N ergibt sich hieraus für die intensivere Komponente (2) der betreffenden Linie der Wert des Wahrscheinlichkeitsfaktors der spontanen Übergänge zu

$$(\overline{a_{ki}})_2 = 2 \cdot \frac{g_i}{g_{k_2}} \cdot \frac{1}{\tau}.$$

³⁰⁾ P. Debye, Sitzungsberichte der Kgl. Bayr. Akad. München, Jan. 1915; A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. 53, 497, 1917.

³⁷⁾ Eine formal ähnliche Zerlegung auf klassischer Grundlage siehe bei Cl. Schaefer, Ann. d. Phys. 32, 883, 1910.

³⁸⁾ Vgl. R. Ladenburg u. R. Minkowski, Zs. f. Phys. 6, 153, 1921; R. Minkowski, Ann. d. Phys. 66, 206, 1921.

³⁹⁾ D. S. Rogestwensky, Trans. of the Opt. Inst. Petrograd II, Nr. 13, S. 39, 1921; Chr. Füchtbauer u. G. Joos, Phys. Zs. 23, 73, 1922.

wobei wie oben $\tau = \frac{3 m c^3}{8 \pi^2 e^2 v_0^2}$ die Abklingungszeit eines klassischen Oszillators ist. Für die schwächere Komponente (1) folgt:

$$(\overline{a_{ki}})_1 = \frac{g_i}{g_{k_1}} \cdot \frac{1}{\tau}.$$

Schätzt man die Gewichtsverhältnisse aus der Anzahl der „magnetischen Niveaus“, in die der Anfangs- und Endzustand der beiden Komponenten bei ihrem anomalen Zeemaneffekt aufspalten⁴⁰⁾, so erhält man:

$$\frac{(\overline{g_{k_2}})_2}{g_i} = 2; \quad \frac{(\overline{g_{k_1}})_1}{g_i} = 1,$$

und daher für jede der beiden Komponenten:

$$a_{ki} = \frac{1}{\tau}.$$

Mit anderen Worten: der Natriumdampf und vermutlich auch die Dämpfe der anderen Alkalimetalle besitzen im 1. Anregungs- (dem „Resonanz“-) Zustand annähernd die gleiche Übergangswahrscheinlichkeit, wie ein Oszillator beim Übergang aus dem 1. in den 0. Quantenzustand (s. Gl. [2 a] mit $n = 0$).

Ein ähnliches Ergebnis läßt sich aus dem Bohrschen Modell für den Resonanzzustand des Wasserstoffatoms (1. Linie der Lymanserie) korrespondenzmäßig errechnen (vgl. S. 595). Diese größenordnungsmäßige Übereinstimmung hängt vielleicht damit zusammen, daß die Wasserstoff- und die Alkaliatome, die je 1 Valenzelektron haben, im Resonanzzustand eine einzige Übergangsmöglichkeit besitzen, gerade wie ein Oszillator, so daß der Wahrscheinlichkeitsfaktor der spontanen Übergänge a_{ki} gleich der Gesamtzerfallswahrscheinlichkeit a_k des betreffenden Zustandes ist.

Die vorliegenden Versuche an höheren Linien der Alkalihauptserie ergeben eine bedeutende Abnahme der \mathfrak{R} -Werte mit steigender Gliednummer⁴¹⁾. Quantentheoretisch muß man hieraus nach Gleichung (4c) auf eine entsprechende

Abnahme des Produktes $\frac{g_k}{g_i} \cdot \frac{m c^3}{8 \pi^2 e^2 v_0^2} \cdot a_{ki}$ und

daher von a_{ki} selbst schließen. Da nämlich $\frac{g_k}{g_i}$

mit wachsender Gliednummer in der Serie wohl stets zunimmt oder konstant bleibt, andererseits

der Faktor $\frac{m c^3}{8 \pi^2 e^2 v_0^2}$ wegen des Anwachsens

von v_0 zwar abnimmt — jedoch nicht genügend stark, um die bedeutende Abnahme der \mathfrak{R} -Werte zu erklären —, so folgt, daß die Übergangswahrscheinlichkeit a_{ki} mit steigender Gliednummer beträchtlich sinken muß. Wir bringen dies damit in Zusammenhang, daß einerseits die Gesamtzer-

⁴⁰⁾ Vgl. A. Sommerfeld, Atombau u. Spektrallinien, 3. Aufl., 484, 1922.

⁴¹⁾ P. V. Bevan, Proc. Roy. Soc. 84, 209, 1910; 85, 58, 1911; Chr. Füchtbauer u. W. Hofmann, Ann. d. Phys. 43, 96, 1914; D. S. Rogestwensky a. a. O. (Anm. 31).

fallswahrscheinlichkeit a_k eines bestimmten Quantenzustandes mit wachsender Hauptquantenzahl innerhalb einer Serie *jedenfalls nicht wächst* — beim Wasserstoff (vgl. das Folgende) ergibt die explizite Berechnung der a_{ki} sogar eine merkliche Abnahme der a_k -Werte —, und daß andererseits die Anzahl der aus einem höheren Anfangszustand überhaupt möglichen Übergänge mit zunehmender Hauptquantenzahl ansteigt, so daß auf den einzelnen betrachteten Übergang nur ein Bruchteil der Gesamtzerfallswahrscheinlichkeit entfällt (vgl. Fig. 1, die die Quantenzustände und Übergangsmöglichkeiten beim ungestörten relativistischen Wasserstoffatom schematisch darstellt).

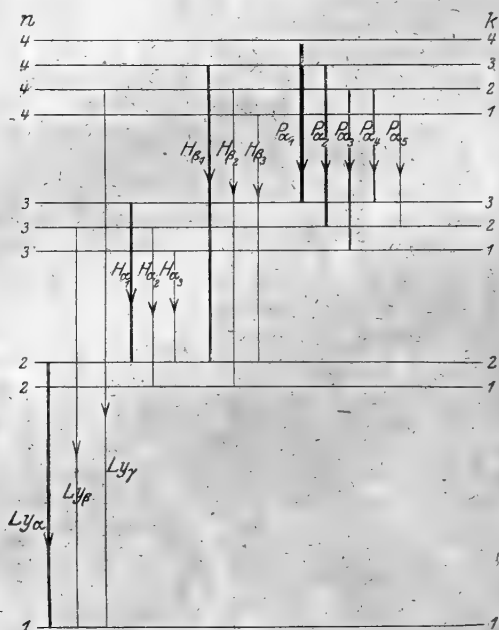


Fig. 1. Quantenübergänge des ungestörten Wasserstoffatoms.

- n = Hauptquantenzahl,
 k = Nebenquantenzahl (azimutale Quantenzahl)
 $Ly\alpha, Ly\beta, Ly\gamma$ = Linien der Lymanserie
 $H\alpha, H\beta$ = Linien der Balmerserie
 $Pa\alpha$ = erste Linie der Paschenserie.

Diese Übergänge aus den höheren Quantenzuständen eines Atoms in den Grundzustand der Serie sind also viel seltener als der Übergang aus dem Resonanzzustand. Das Atom ist daher hinsichtlich *dieser* Übergänge *nicht* zu vergleichen mit einem Quantenoszillator beim Übergang in den untersten Quantenzustand; oder anders ausgedrückt: der Ersatzoszillator, mit dem wir das Atom in diesem Falle vergleichen können, besitzt eine gegen den normalen Wert stark verkleinerte Amplitude des elektrischen Moments.

Ein quantitativer Vergleich zwischen den genannten Versuchen und der Theorie läßt sich erst ziehen, wenn die Quantenzustände genau bekannt und die Übergangswahrscheinlichkeiten wenigstens annähernd korrespondenzmäßig berechenbar sind.

Dies ist bisher lediglich beim Wasserstoffatom möglich. Hier liegen nur Untersuchungen über das ungefähre Verhältnis der Dispersion und Magnetorotation für $H\alpha : H\beta$ bei starker elektrischer Erregung des Wasserstoffs vor⁴²⁾. Da die Effekte an der blaugrünen Linie $H\beta$ sehr klein sind, konnte aus den Versuchen nur geschlossen

werden, daß das Verhältnis $\frac{R_\alpha}{R_\beta}$ annähernd 4,5 war (die äußersten Werte lagen zwischen 3 und 6). Andererseits lassen sich die Quantengewichte sowie die a_{ki} -Werte für die verschiedenen Quantenübergänge der relativistischen Keplerellipse des Wasserstoffatoms korrespondenzmäßig nach der von *Kramers* angegebenen Methode annähernd berechnen. Zählt man die Werte von

$$\frac{R_i}{N_i} = \frac{g_k}{g_i} a_{ki} \frac{m c^3}{8 \pi^2 e^2 v_0^2}$$

für die einzelnen Feinstrukturkomponenten der zu vergleichenden Linien des ungestörten relativistischen Wasserstoffatoms zusammen⁴³⁾ (vgl. Fig. 1), so erhält man für das experimentell bestimmte Verhältnis $\frac{R_\alpha}{R_\beta}$ den Wert 7,1. Beim Vergleich mit dem experimentellen Wert (4,5) ist folgendes zu bedenken: erstens wird der Wahrscheinlichkeitsfaktor für die Komponenten von $H\alpha$ durch die Berechnungsart überschätzt, der von $H\beta$ unterschätzt⁴⁴⁾, so daß der berechnete Wert 7,1 etwas zu groß ausfallen muß. Zweitens müßten bei einer genaueren Berechnung die elektrischen Felder der Entladung und der erzeugten Ionen in Rechnung gesetzt werden. Unter Berücksichtigung der durch den symmetrischen Starkeffekt entstehenden Aufspaltung der Wasserstofflinien führt eine analoge Rechnung für das Verhältnis $\frac{R_\alpha}{R_\beta}$ der aus der Verschmelzung der Komponenten entstehenden Linien zu dem Werte:

$$\frac{R_\alpha}{R_\beta} = 6,2$$

der dem gemessenen Wert noch etwas näher liegt.

Berechnet man auf dieselbe Weise die a_{ki} Werte für die Lyman- α und - β -Linie, die den Übergängen $2s \rightarrow 1s$ und $3s \rightarrow 1s$ entsprechen⁴⁵⁾,

so ergibt sich $\frac{R_i}{N_i} = 1,17$ bzw. 0,20, also

$$\left(\frac{R_\alpha}{R_\beta} \right)_{Ly} = 5,95.$$

Für $Ly\alpha$ folgt

⁴²⁾ R. Ladenburg, Ann. d. Phys. (4) 38, 249, 1912. Neue Versuche hierüber befinden sich in Vorbereitung.

⁴³⁾ Da hier die Komponenten je zu einer einzigen stark verbreiterten Linie verschmolzen sind und die Messung in einer im Vergleich zum Abstand der Komponenten großen Entfernung stattfindet.

⁴⁴⁾ Vgl. Kramers a. a. O. S. 99.

⁴⁵⁾ Ein Quantenzustand mit der Hauptquantenzahl n und der Nebenquantenzahl k wird hierbei nach Bohr durch das Symbol n_k bezeichnet (vgl. Artikel Coster).

$$a_{ki} \frac{g_k}{g_i} = \frac{3,52}{\tau}; \quad a_{ki} = \frac{1,76}{\tau}$$

also, wie S. 593 erwähnt, der Größenordnung nach der Wert für den Oszillator beim Übergang aus dem 1. in den 0. Quantenzustand.

Zählt man die Wahrscheinlichkeitsfaktoren für die verschiedenen Übergänge aus einem bestimmten Zustand zusammen, so ergibt sich die oben erwähnte Gesamtzerfallswahrscheinlichkeit a_k [vgl. Gl. (9)], die reziproke Verweilzeit des Atoms in diesem Zustand. So findet man z. B. für die Zustände $2_p, 3_p, 4_p$, daß die a_k -Werte abnehmen im Verhältnis 1 : 0,27 : 0,08, ein Resultat, das wir auf S. 594 bereits verwendet haben.

Bei der Bewertung der vorangehenden Ergebnisse ist zu beachten, daß die angegebenen Wahrscheinlichkeitsfaktoren a vorläufig mit der Unsicherheit der Mittelwertbildung und der Extrapolation auf kleine Quantenzahlen (vgl. § 4) behaftet sind. Deshalb wird hier auch von einem Vergleich der berechneten absoluten Werte mit den aus W. Wiens^{45a)} bekannten Versuchen an Kanalstrahlen ableitbaren Verweilzeiten abgesehen.

9. Bezüglich der Erscheinungen der *normalen Dispersion* und ihrer Deutung im Sinne der Bohrschen Atomtheorie wollen wir uns hier auf die einatomigen Gase, und zwar auf die Edelgase (He, Ne, Ar, Kr und Xe) beschränken, da bei ihnen die Linien der Absorptionsserie, d. h. die ν_0 -Werte, wenigstens zum Teil bekannt sind⁴⁶⁾. Sie liegen weit im Ultraviolett, während der Brechungsquotient im Sichtbaren oder langwelligen Ultraviolett beobachtet wird. Infolgedessen führt die Entwicklung der klassischen Dispersionsformeln mit mehreren Eigenfrequenzen und p Elektronen gleicher Bindung im Atom auf die Darstellung:

$$n^2 = 1 + \sum_i \frac{p e^2}{\pi m} \frac{N_i}{\nu_i^2} + \nu^2 \sum_i \frac{p e^2}{\pi m} \frac{N_i}{\nu_i^4} + \dots$$

Da hier die Quadrate der Eigenschwingungszahlen im Nenner auftreten, haben die am lockersten gebundenen Elektronen der äußersten Gruppen den größten Einfluß auf den Brechungsquotienten. Streng genommen müßten die verschiedenen Linien der Absorptionsserien der unregelmäßig bekannten Atome berücksichtigt werden. Vollständig bekannt sind jedoch nur die Werte der Absorptionsserie des He auf Grund der neueren Untersuchungen Lyman's⁴⁷⁾. Bei den anderen Edelgasen kann man aus den Anregungs- und Ionisierungsspannungen⁴⁸⁾ sowie aus den Röntgentermen⁴⁹⁾ nur die langwelligsten Linien und die Grenzen ν_∞ der Serien berechnen. Außer den Frequenzen aber sind, wie obige Formel lehrt,

auch die N_i -Werte, d. h. nach der quantentheoretischen Deutung [Gl. (4)] die zurzeit unbekannten Quantengewichte und Wahrscheinlichkeitsfaktoren der den Eigenfrequenzen entsprechenden Quantenübergänge für den Brechungsquotienten maßgebend; erst bei Kenntnis der einzelnen Elektronenbahnen sind diese Größen berechenbar. Ein exakter Vergleich der Meßergebnisse mit der Theorie ist deshalb heute nicht möglich. Immerhin kann man versuchen, auf folgende Weise die Größenordnung der Wahrscheinlichkeitsfaktoren abzuschätzen: Für sichtbares Licht folgt unter Vernachlässigung der Dispersion:

$$(n^2 - 1)_{\infty} = \frac{p e^2}{\pi m} \left(\frac{N_1}{\nu_1^2} + \frac{N_2}{\nu_2^2} + \dots \right) + \frac{p' e^2}{\pi m} \left(\frac{N'_1}{\nu_1'^2} + \frac{N'_2}{\nu_2'^2} + \dots \right) + \dots$$

Dabei bedeutet p die Anzahl gleich stark gebundener Elektronen einer Gruppe im Atom mit den Absorptionslinien ν_1, ν_2, \dots , denen im klassischen Modell N_1 Oszillatoren mit der Eigenschwingungszahl ν_1, N_2 Oszillatoren mit der Eigenschwingungszahl ν_2 usw. zugeordnet sind. Die analoge Bedeutung haben die Größen $p', \nu_1', \nu_2', \dots, N'_1, N'_2, \dots$ für eine andere Gruppe gleich stark gebundener Elektronen.

Beim He hat man $p = 2, p' = 0$ zu setzen. Beschränkt man sich ferner vorläufig, unter der Voraussetzung, daß N_2 und alle folgenden N_i klein gegen N_1 sind, auf die erste Linie $\nu_1 = 5,15 \cdot 10^{15}$ der Absorptionsserie $0,5 S - m P$, so liefert der beobachtete Wert⁵⁰⁾ von $(n^2 - 1)_{\infty} = 6,9 \cdot 10^{-5}$ für N_1 den Betrag $1,1 \cdot 10^{10}$, also für $\frac{N_1}{N_i} = \frac{g_k}{g_i} a_{ki} \frac{\tau}{3}$ den Wert 0,4, also wieder der Größenordnung nach in Übereinstimmung mit dem entsprechenden Wert eines Oszillators beim untersten Quantenübergang. Berücksichtigt man auch die höheren Serienlinien unter der Annahme, daß ihre N -Werte wesentlich kleiner sind als der der ersten Linie, so wird der Wert von $\frac{N_1}{N_i}$ für die erste Linie etwas niedriger.

Beim Neon liegen die Verhältnisse wesentlich komplizierter, weil hier zu den $p = 4$ lockersten 2_s -Elektronen nach Bohr noch $p' = 4$ etwa doppelt so fest gebundene 2_p -Elektronen hinzukommen, die den Wert des Brechungsquotienten merklich beeinflussen; vielleicht haben auch noch die 2 „innersten“ 1_s -Elektronen einen gewissen Einfluß. Für die 2_s -Gruppe ergibt sich die Grenze der Absorptionsserie aus der Ionisierungsspannung (22,2 Volt) zu $\nu_\infty = 5,39 \cdot 10^{15}$. Für die erste Linie dieser Serie kann man wohl gemäß der von Hertz gemessenen ersten Anregungsstufe (17,35 Volt) $\nu_1 = 4,22 \cdot 10^{15}$ setzen. Berücksichtigt man nur diese erste Absorptionslinie

^{45a)} W. Wien, Ann. d. Phys. 60, 597, 1919; 66, 229, 1921; 70, 1, 1923.

⁴⁶⁾ Dies ist bei Molekülen bisher nicht der Fall.

⁴⁷⁾ Th. Lyman, Science 167, 1922, s. a. J. Franck, Zs. f. Phys. 11, 155, 1922.

⁴⁸⁾ G. Hertz, Verh. d. D. Phys. Ges. (3) 3, 45, 1923.

⁴⁹⁾ N. Bohr u. D. Coster, Zs. f. Phys. 12, 342, 1923.

⁵⁰⁾ C. u. M. Cuthbertson, Proc. Roy. Soc. (A) 84, 13, 1911; John Koch, Arkiv för Math., Astr. och Fysik 9, Nr. 6, 1913.

dieser Serie, so liefert der beobachtete Wert $1,33 \cdot 10^{-4}$ von $(n^2 - 1)_{\lambda = \infty}$ analog wie oben:

$$\mathcal{R}_1 = 0,785 \cdot 10^{19}$$

$$\frac{\mathcal{R}_1}{N_1} = 0,27.$$

$$\frac{\mathcal{R}_1}{N_1} = 0,27.$$

Ist der Wert \mathcal{R}_1 der Vierergruppe der fester gebundenen 2_1 -Elektronen von derselben Größenordnung wie \mathcal{R}_1 , so beeinflusst auch sie den Brechungsquotienten. Die Grenze der dieser Gruppe zugehörigen Absorptionsserie folgt aus dem L_1 -Term nach Bohr und Coster zu $\nu'_{\infty} = 10,4 \cdot 10^{15}$. Bei Berücksichtigung der ersten Linie dieser Serie (die etwa bei $\nu_1 \sim 8 \cdot 10^{15}$ angenommen werde) würde sich für den Mittelwert $\overline{\mathcal{R}_1}$ von \mathcal{R}_1 und $\mathcal{R}_1' 0,575 \cdot 10^{19}$ ergeben und damit

$$\frac{\overline{\mathcal{R}_1}}{N_1} = 0,21.$$

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Argon, wo die lockerste Elektronengruppe die Vierergruppe der 3_2 -Elektronen ist. Die Grenze der Absorptionsserie, die dieser Gruppe zugehört, ist $\nu_{\infty} = 3,89 \cdot 10^{15}$. Aus der niedrigsten von Hertz gemessenen Anregungsspannung (12,25 Volt) folgt $\nu_1 = 2,98 \cdot 10^{15}$ und damit aus dem gemessenen Wert $(n^2 - 1)_{\lambda = \infty} = 5,58 \cdot 10^{-4}$:

$$\frac{\mathcal{R}_1}{N_1} = 0,57.$$

Die Berücksichtigung der fester gebundenen 3_1 -Elektronen würde, wenn der ihnen entsprechende Wert \mathcal{R}_1 von gleicher Größenordnung wie \mathcal{R}_1 ist, für den Mittelwert $\overline{\mathcal{R}_1}$ wieder zu einem etwas kleineren Werte führen.

Bei Kr und Xe hat $(n^2 - 1)_{\lambda = \infty}$ noch höhere Werte ($8,35 \cdot 10^{-4}$ und $13,6 \cdot 10^{-4}$) als bei den vorangehenden Edelgasen. Abgesehen von der schwächeren Bindung der lockersten Elektronengruppen spricht hier vermutlich der Umstand mit, daß mit steigender Atomnummer auch die tiefer innen liegenden Elektronengruppen allmählich den Brechungsquotienten zu beeinflussen beginnen; denn aus den Röntgen termen kann man entnehmen, daß das Verhältnis ihrer Bindung zur Bindung der lockersten Gruppe immer mehr abnimmt.

Die aus der Beobachtung erschlossenen Werte von $\frac{\mathcal{R}}{N}$ zeigen also, daß die Edelgasatome auf äußere Wellen annähernd ebenso stark reagieren wie Quantenoszillatoren. Die Unterschiede der Werte von $\frac{\mathcal{R}}{N}$ für die einzelnen Atome weisen jedoch deutlich darauf hin, daß hier die spezifischen Eigenschaften der Atome (a_{ki} und $\frac{\partial k}{\partial \nu_i}$) sich bemerkbar machen.

10. Schließlich wollen wir unsere quantentheoretische Deutung der Zerstreuungerscheinungen auf das Gebiet der Röntgenstrahlen anwenden. Die unmittelbar beobachtbaren Inter-

ferenzen und Beugungsspektren der raumgitterartig angeordneten Kristallatome dienten uns oben bereits als experimentelle Unterlage für die Annahme, daß die Atome ähnlich wie klassische Oszillatoren allgemein unter dem Einfluß einer äußeren Welle ν interferenzfähige Wellenzüge aussenden. Auf Grund der Beziehungen (4) und der Überlegungen des § 6 müssen wir erwarten, daß die Stärke der auf diese Weise zerstreuten Energie, d. h. das Reflexionsvermögen verschiedener Kristalle⁵¹⁾, wesentlich beeinflusst wird durch die Wahrscheinlichkeit der verschiedenen möglichen Quantenübergänge der Kristallatome. Dieser Zusammenhang ist daher bei der Deutung der experimentellen Ergebnisse zu berücksichtigen, bei denen man durch Vergleich mit der rein klassisch berechneten Reflexion versucht hat, Schlüsse auf die Anordnung der Elektronen im Atom zu ziehen⁵²⁾.

Besonders wertvoll für die hier dargelegte Auffassung der Zerstreuungerscheinungen ist die kürzlich aufgefundene⁵³⁾, besonders starke „selektive Reflexion“ an den Stellen ν_0 der möglichen Quantenübergänge der Kristallatome selbst. Sie scheint zu beweisen, daß die von der klassischen Theorie geforderte Frequenzabhängigkeit der Zerstreuung wenigstens qualitativ auch auf die Umgebung der ν_0 -Werte selbst tatsächlich anwendbar ist (vgl. § 6 S. 591).

Gewisse allgemeine Schlüsse lassen sich bereits jetzt aus den Beobachtungen der Zerstreuung der Röntgenstrahlen an amorphen Körpern von niedrigem Atomgewicht ziehen. Bei der Anwendung der klassischen Formel (11) für Z'_{kl} auf den vorliegenden Fall ist zu berücksichtigen, daß von den z Elektronen des Atoms je $p^{(s)}$ gleich stark gebunden sind. Deshalb ersetzen wir die Wirkung der N Atome pro Volumeneinheit durch eine Summe von je $\mathcal{R}^{(s)}$ $p^{(s)}$ Oszillatoren bzw. $N p^{(s)}$ „Ersatzoszipatoren“, von denen je $p^{(s)}$ die gleiche Eigenfrequenz $\nu_0^{(s)}$ besitzen mögen. Die Wellenlänge der auffallenden Röntgenstrahlen sei wesentlich kleiner als die Eigenwellenlängen und als der durchschnittliche gegenseitige Abstand aller z Elektronen voneinander, so daß die Energiebeträge der von ihnen ausgesandten Streustrahlungen sich addieren. Dann folgt aus Gleichung (11) durch Summation über die verschiedenen Gruppen gleich stark gebundener Elektronen

$$Z'_{kl} = \sum_s \frac{8\pi}{3} \frac{e^4}{m^2 c^3} \mathcal{R}^{(s)} x^{(s)} p^{(s)} \cdot u_i d\nu,$$

⁵¹⁾ W. L. Bragg, R. W. James u. C. H. Bosanquet, Phil. Mag. (6) 41, 309; 42, 1, 1921. B. Davis u. W. Stempel, Phys. Rev. 17, 526, 1921; 19, 504, 1922. E. Wagner u. H. Kulenkampff, Ann. d. Phys. (4) 68, 369, 1923.

⁵²⁾ P. Debye u. P. Scherrer, Phys. Zs. 19, 474, 1918; W. L. Bragg, R. W. James u. C. H. Bosanquet, Phil. Mag. (6) 44, 433, 1922.

⁵³⁾ G. L. Clark u. W. Duane, Proc. Nat. Acad. 9, 126, 131, 1923; s. a. Proc. Nat. Acad. 8, 90, 1922; G. Mie, Zs. f. Phys. 15, 55, 1923.

wobei

$$\mathcal{R}^{(s)} = \frac{N^{(s)}}{N} \text{ ist.}$$

Setzt man die einfallende Intensität der Primärwelle

$$c u_\nu d\nu = P$$

und dividiert durch die Dichte

$$\rho = \frac{NM}{L}$$

(M das Atomgewicht, L Atomzahl pro Mol), so folgt:

$$\frac{Z_{kl}^{\nu}}{P \rho} = \frac{s}{\rho} = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{m c^2} \right)^2 \sum_s (\mathcal{R}^{(s)} x^{(s)} p^{(s)}) \cdot \frac{L}{N M}.$$

Ersetzt man die Einzelwerte von $\mathcal{R}^{(s)} x^{(s)}$ durch ihren Mittelwert \overline{Rx} und $\sum p^{(s)}$ durch z , so ergibt sich,

$$\text{da } \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{m c^2} \right)^2 L = 0,402$$

$$\text{ist, } \frac{s}{\rho} = 0,402 \frac{\overline{Rx} \cdot z}{N \cdot M}$$

und daher schließlich:

$$\frac{\overline{Rx}}{N} = \overline{x^2} = \frac{s}{\rho} \frac{M}{z} = \frac{1}{0,402}.$$

Bekanntlich ergaben die Messungen der Röntgenzerstreuung bei niedrigem Atomgewicht einheitlich

$\frac{s}{\rho} \sim 0,2$ und lieferten unter der Voraussetzung $\overline{R} = N$ ($x = 1$) den ersten Anlaß dafür, die Elektronenzahl z pro Atom etwa gleich dem halben Atomgewicht und damit gleich der Atomnummer zu setzen. Von dem hier vertretenen Standpunkt aus berechnen wir aus $\frac{s}{\rho}$ und dem jetzt bekannten

Wert von $\frac{M}{z}$ das Verhältnis $\frac{\overline{R}}{N}$ und finden unter Berücksichtigung der neueren Bestimmungen von $\frac{s}{\rho}$ aus dem Massenabsorptionskoeffizienten⁵⁴⁾

$$\overline{x} = \frac{\overline{R}}{N} = 0,9 \text{ bis } 1,0$$

Nach unserer quantentheoretischen Deutung sehen wir die Begründung für dieses merkwürdige Ergebnis darin, daß sich die Elektronen der betrachteten Atome hinsichtlich ihrer Fähigkeit, Röntgenstrahlen zu zerstreuen, durchschnittlich auch quantitativ wie klassische Oszillatoren bzw. wie Oszillatoren im untersten Quantenzustand verhalten (vgl. Formel 8 b). Man wird geneigt sein, diese Deutung damit in Zusammenhang zu bringen, daß die inneren Elektronen im allgemeinen eine Übergangsmöglichkeit — ins Unendliche, entsprechend der Kante des Röntgenabsorptionsspektrums — besitzen, wobei die Frequenzen, die Übergängen in die virtuellen (optischen) Bahnen oder in die unvollständige äußerste Gruppe entsprechen, von der Frequenz der Absorptionskante

kaum merklich verschieden sind⁵⁵⁾; und die äußersten Elektronen verhalten sich ähnlich wie die der Edelgase (vgl. § 9) bzw. die Valenzelektronen der Alkalimetalle (vgl. § 8). Allerdings ist dies nur eine ganz oberflächliche Durchschnittsbetrachtung. Für genauere Untersuchungen werden, abgesehen von der Interferenzwirkung der Elektronen im Atom⁵⁶⁾, die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten der Elektronenübergänge zu berücksichtigen sein, und es ist anzunehmen, daß sie sich besonders bei den Atomen Sc—Ni, Y—Pd, La—Pt bemerkbar machen, bei denen die K -, L -, M -Elektronen nicht nur an die Atomoberfläche, sondern auch in die „unvollständigen inneren“ Elektronengruppen (die früher sogenannten unvollständigen Zwischenschalen) übergehen können. Ungeklärt bleibt hierbei allerdings die starke Abnahme der Streuung, wenn man zu hohen Frequenzen ($\lambda \gtrsim 10^{-9}$ cm) übergeht. Hier scheinen diese der klassischen Einwirkung auf Oszillatoren angepaßten Betrachtungen zu versagen⁵⁷⁾.

11. Zusammenfassung. Überblicken wir das hier besprochene Gebiet der Streuung und Dispersion im ganzen, so müssen wir zugeben, daß wir zwar den eigentlichen Mechanismus nicht kennen, durch den eine auffallende Welle auf die Atome einwirkt, und daß wir die Reaktion der Atome im einzelnen nicht beschreiben können. Nicht anders ist es übrigens beim eigentlichen Quantenprozeß, sei es, daß eine äußere Welle ν_0 Elektronen in höhere Quantenzustände hebt, sei es, daß bei der Rückkehr in niedere Zustände eine Welle ν_0 ausgesandt wird. Jedoch glauben wir auf Grund der beobachteten Erscheinungen das Endresultat der Einwirkung einer Strahlung von der Schwingungszahl ν auf Atome als nicht wesentlich verschieden von dem Effekt ansehen zu müssen, den eine solche Welle auf klassische Oszillatoren ausübt: es entstehen sekundäre Wellenzüge von der gleichen Schwingungszahl ν in Phase mit der auffallenden Welle. Sogar die

⁵⁵⁾ Die verschiedenen Linien der Absorptionsserien der meisten Elektronen im Atom sind auf einen relativ äußerst schmalen Frequenzbereich zusammengedrängt. Hierin liegt eine gewisse Begründung für den obigen Ansatz, daß die entsprechenden Oszillatoren nur eine Eigenfrequenz besitzen.

⁵⁶⁾ Unsere Voraussetzung, daß die Wellenlänge der primären Röntgenstrahlen wesentlich kleiner ist als die gegenseitigen Abstände der Elektronen im Atom, trifft streng genommen bei den zitierten Untersuchungen sicher nicht zu. Immerhin scheint der Einfluß der Interferenzwirkung der Elektronen im Atom (vgl. z. B. P. Debye, Ann. d. Phys. 46, 809, 1915) praktisch bei den leichtesten Elementen und bei Wellenlängen $\lambda < 1 \text{ \AA}$ eine für unsere Betrachtung nebensächliche Rolle zu spielen. (Vgl. z. B. E. Glocker und M. Kaupp, Ann. d. Phys. 64, 541, 1922, und die Versuche von G. C. Barkla und R. R. C. Sale, Phil. Mag. (6) 45, 737, 1923, über die kaum merkliche Wellenlängenabhängigkeit der Streuintensität an Filterpapier.) Bei Versuchen mit noch kleineren Wellenlängen andererseits wird die am Schlusse dieses Abschnitts erwähnte abnorme Abnahme der Streuintensität von Bedeutung.

⁵⁷⁾ Vgl. die neue quantentheoretische Auffassung dieser Erscheinungen von P. Debye, Phys. Zs. 24, 161, 1923.

Stärke der zerstreuten Strahlung scheint häufig mit der von einem Oszillator entsandten angenähert übereinzustimmen; darauf beruht es offenbar, daß die rein klassische Rechnung in vielen Fällen auch quantitativ die Beobachtungen annähernd wiederzugeben imstande ist. Aber nicht immer! Häufig ist auch ein Versagen der klassischen Theorie, in quantitativer Beziehung wenigstens, bemerkt worden. In vorliegendem Bericht wird versucht, dieses Versagen der klassischen Betrachtung auf Grund der Bohrschen Atomtheorie korrespondenzmäßig zu deuten. Es wird nämlich gezeigt, daß der Betrag der zerstreuten Strahlungsenergie und des Brechungsvermögens, der klassisch durch die Zahl \mathcal{N} der Dispersionselektronen gemessen wird, quantentheoretisch durch die Größe der Wahrscheinlichkeit der möglichen spontanen Quantenübergänge des *wirklichen* Atoms und das Verhältnis der statistischen Quantengewichte der fraglichen Atomzustände bestimmt ist; diese Wahrscheinlichkeit ist nur in einzelnen Fällen, vor allem beim ersten Glied der Absorptionsserien, angenähert

gleich der eines Oszillators beim Übergang in den tiefsten Quantenzustand und dadurch angenähert gleich dem Dämpfungsfaktor eines klassischen Oszillators. In diesem Fall stimmt die Zahl \mathcal{N} der Dispersionselektronen mit der Zahl N der Atome ungefähr überein. Genau genommen muß natürlich in jedem Fall den spezifischen Eigenschaften $\left(a_{ki}, \frac{g_k}{g_i}\right)$ der betreffenden Quantenatome Rechnung getragen werden.

Bei höheren Serienlinien ist die Übergangswahrscheinlichkeit ganz wesentlich kleiner als bei einem Quantenoszillator im untersten Quantenzustand und bewirkt dadurch die viel kleineren Werte des Verhältnisses $\frac{\mathcal{N}}{N}$. Ein genauerer Vergleich der Beobachtungen mit der Bohrschen Theorie ist bisher nur beim Wasserstoffatom möglich; denn nur hier kann man auf Grund der Kenntnis der Elektronenbahnen sowohl die statistischen Gewichte als die Wahrscheinlichkeitsfaktoren der Quantenübergänge nach dem Korrespondenzprinzip wenigstens angenähert berechnen.

Die Beziehungen der Bohrschen Atomtheorie zur Deutung chemischer Vorgänge.

Von W. Kossel, Kiel.

Die *Bohrsche* Theorie gewinnt ihre bestimmten Ansichten über den Atombau vor allem durch *physikalische* Mittel, ihr bezeichnendster Zug ist die Ausnutzung des gewaltigen in den Spektren vorliegenden Materials zu Aussagen über die Elektronenbahnen im Atom. So werden zum ersten Male in dem Raum des Teilchens, dessen äußere Kräfte der Chemiker beobachtet, scharf definierte Gebilde entworfen und über deren inneres Leben bestimmte Aussagen gemacht. Die *Lauesche* Entdeckung traf aufs glücklichste mit der Entwicklung von *Bohrs* Gedanken zusammen und machte es möglich, in einer glänzenden Fortentwicklung zu zeigen, daß die *Bohrschen* Prinzipien, die ihre erste Prüfung an den der Optik des sichtbaren Lichts zugänglichen Vorgängen an den leichtesten Atomen erfahren hatten, den inneren Bau sämtlicher Atome bestimmen. Wegen der Sicherheit, die diese Theorie nun in zehnjähriger Prüfung ihrer inneren Zusammenhänge gewonnen hat, darf man erwarten, daß sie sich überall da bewähren wird, wo es gelingt, sie auf Atomvorgänge anzuwenden. Im folgenden soll, ohne speziellere Kenntnisse vorauszusetzen, über einige der Beziehungen berichtet werden, die sie bisher zum Aufgabenkreis der Chemie gewonnen hat.

1. *Die physikalische Natur der Atomkräfte.* Zu den Grundannahmen der *Bohrschen* Theorie gehört neben den Ansätzen, die die Quantentheorie einführen, vor allem auch die Voraussetzung, daß die Berechnung der stationären Bahnen, die ein Elektron im Atom beschreibt, nach der ge-

wöhnlichen Mechanik vor sich gehen darf. Das Elektron soll dabei von den anderen im Atom vorhandenen Ladungen die gewohnten Anziehungs- und Abstoßungskräfte erfahren, die nach der klassischen Elektrostatik zwischen Elektrizitätsmengen auftreten, vor allem die Anziehung des positiven Atomkerns. Die scharfe Bestätigung, die die hieraus von *Bohr* abgeleiteten Gesetze der Spektren vor allem beim Wasserstoff erfahren haben, enthält hiernach die Bestätigung dafür, daß der Kern das Elektron des Wasserstoffs in all den Lagen, die es auf der Quantenbahn einnimmt, nach den Gesetzen der Elektrostatik anzieht.

Schon dies Ergebnis ist für den Chemiker bemerkenswert. Aus Gründen der Anschaulichkeit hatte man vielfach die Annahme gebraucht, daß die Valenzzahlen eine Anzahl unteilbarer Einzelkräfte anzeigten, die an der Atomoberfläche ansetzten. Als man zuerst die Elektronen als Atombestandteile auffand, konnte man zunächst daran denken, diesen Unteratomen ein solch räumlich diskontinuierliches Kraftfeld zuzuschreiben; so hat *Lenard* den Gedanken näher untersucht, daß die elektrische Kraftlinie *Faradays* ein selbständiges physikalisches Gebilde sei, daß von jedem Elektron eine unteilbare Kraftlinie ausgehe und die Valenzeinzelkräfte eben solche von einem Atom zum anderen führenden unteilbaren Kraftfäden seien. Wenn nun aber die *Bohrsche* Theorie zeigt, daß im Atominneren die gewohnte Elektrostatik gilt, nach der ja die einzelne Ladung nicht einen diskreten Kraftfaden aussendet, sondern

ein ganz stetig ausgebreitetes Feld besitzt und die Rutherfordschen α -Strahlen-Ablenkungsversuche dies bis auf einen Abstand von 10^{12} cm an den Kern heran bestätigen, so kann mindestens das elektrische Feld nicht mehr zur Darstellung unteilbarer Valenzkräfte dienen. Wenn solche existieren, müssen sie etwas ganz Neues und Fremdartiges sein, das sich in den physikalischen Atomerscheinungen nirgends äußert. Da nun aber die normalen elektrostatischen Felder einmal im und am Atom existieren, müssen sie auf jeden Fall mit beachtet werden, wenn man die Kräfte ganzer Atome aufeinander untersucht, und es ist von Interesse, einmal festzustellen, was sie denn für sich allein ausrichten. Die strenge Durchrechnung solcher Aufgaben muß freilich sehr schwierig sein, denn eben nach der nun anzuwendenden Elektrostatik wirkt ja jedes einzelne Elektron auf jedes andere Elektron desselben und der benachbarten Atome. Man müßte also, streng genommen, die Bewegung jedes einzelnen Elektrons in den beteiligten Atomen kennen, müßte verfolgen, wie diese sich bei Näherung der Atome durch die wechselseitigen Kräfte verändern, und hätte damit eine Aufgabe zu behandeln, die noch verwickelter ist, als die strenge Beschreibung des Wechselspiels der Elektronen im einzelnen Atom, die ja noch nicht gelungen ist. Zum Glück haben nun viele Atome die Gewohnheit, in einer Anzahl wichtiger anorganischer Verbindungen geladen, als Ionen, aufzutreten. Das Feld eines geladenen Teilchens geht aber mit wachsender Entfernung schließlich stets in das einfache Feld einer Punktladung über, und zwar um so schneller, je symmetrischer, einfach gesprochen, die Anordnung der inneren Ladungen ist. Nun hat Bohr gezeigt, daß die schon früh von Paschen hervorgehobene Eigentümlichkeit der optischen Spektren aller Atome, in den höheren „Termen“ mehr und mehr den Termen des Wasserstoffspektrums sich zu nähern, eben darauf zurückzuführen ist, daß das Feld um einen Atomrest, der von einem Elektron umfahren wird, um so mehr dem einfachen Punktfelde des Wasserstoffkerns ähnlich wird, je weiter man es von dem verwickelten Atomrest fort nach außen treibt. Wenn der Atomrest nun schon auf ein Elektron, das immerhin noch dem Atom selbst angehört, nahezu wie eine Punktladung wirkt, wird man annehmen dürfen, daß er, wenn man das Elektron ganz wegnimmt, den Atomrest also als einfach positives Ion übrig behält, auf ein in seine Nähe geratenes negatives Ion ebenfalls in erster Näherung als Punktladung wirkt. Man gewinnt also aus Bohrs Spektraltheorie den Mut, die Kräfte von Ionen aufeinander einmal so zu untersuchen, daß man sich nur um die einfachen Felder ihrer Gesamtladungen kümmert und die feinere Geographie der Atomoberfläche, als Angelegenheit zweiter Ordnung, zunächst zurückstellt.

Es zeigt sich (wie bereits in einem früheren

Jahrgange dieser Zeitschrift [1919] eingehender dargestellt worden ist), daß allein diese Wirkungen der Gesamtladungen schon eine ganze Reihe der wichtigeren Eigenschaften der anorganischen Ionenverbindungen ergeben. Wenn man nun etwas so spezifisch Chemisches, wie etwa die Abstufungen des basischen und sauren Charakters oder die Bildung von Komplexen in den Fällen, wo eine entschiedene Bildung und einigermaßen durchsichtige Anordnung von Ionen anzunehmen ist, aus den elektrostatischen Anziehungen und Abstoßungen voraussetzen vermag, wird man sich fragen, ob es denn noch nötig ist, die Existenz besonderer fremdartiger Einzelkräfte anzunehmen. Man wird sich daran erinnern, daß diese Vorstellung vor allem den Zweck hat, die Erfahrungen über Zahl und Anordnung der Atome durch eine Anschauung zu unterstützen, daß sie aber nicht beanspruchen kann, streng bewiesen zu sein, ja daß sie nicht einmal dem vollen Umfang der chemischen Erfahrung selbst genügt. Gerade die Erscheinungen aber, wo man in der anorganischen Komplexchemie, die Einzelkrafttheorie durchbrechen und „Nebenvalenzen“ oder „Valenzzersplitterung“ annehmen muß, folgen aus der Betrachtung der elektrostatischen Kräfte ohne Mühe. Es kommt hinzu, daß die Ionengitter der einfachsten Verbindungen, etwa des Steinsalzes, die als riesige Komplexmoleküle aufzufassen sind, nach den Untersuchungen, die wir vor allem Born verdanken, in ihren thermochemischen, vor allem aber auch in ihren elastischen Eigenschaften die Erwartungen erfüllen, die man hegt, wenn man annimmt, daß die Kräfte, die sie zusammenhalten, überwiegend von der elektrostatischen Anziehung ihrer Ionen herrühren. So scheint sich ein natürlicher Übergang von „chemischen“ zu „elastischen“ Kräften zu bieten.

Es kommt hinzu, daß nach Untersuchungen von Debye und Keesom auch die Kohäsionskräfte, die in Stoffen, die gewiß keine Ionen enthalten, wie z. B. den Edelgasen, bei der Kondensation zu Flüssigkeit tätig sind, auf die elektrischen Streufelder, die zwischen den Bestandteilen des Atoms heraustreten, zurückführbar zu sein scheinen.

Man darf danach mit gutem Grunde annehmen, daß man berechtigt ist, auch die Valenzerscheinungen völlig auf die elektrostatischen Kräfte zurückzuführen, die nach Bohr im Inneren des Atoms herrschen.

2. Die Berechnung der Energie von Atomprozessen aus den Spektren.

Nach einem der Grundgedanken der Bohrschen Theorie sind die Linienspektren sämtlich die äußeren Anzeichen von Umlagerungen der Elektronen im Atom und die Frequenz der Linien ist der Energie proportional, die während der Umlagerung vom Atom abgegeben oder (wenn eine Absorptionslinie beobachtet wird) aufgenommen wurde: $E = h\nu$. Die Grenzfrequenz einer Linienserie gibt speziell, wie in den von der Bohr-

schen Spektraltheorie handelnden Aufsätzen gezeigt ist, die Arbeit an, die nötig ist, ein Elektron ganz vom Atom abzureißen. Mit diesem Vorgang wird der Atomrest zu einem positiven Ion, man erhält also die „Ionisierungsarbeit“ für ein Atom nach den Bohrschen Gedanken ganz empirisch aus seinem Spektrum, ohne daß man nötig hätte, den Bau des Atoms im einzelnen zu kennen. Zunächst vermag man hiermit einmal der alten Erfahrung über die Abstufung des „elektropositiven Charakters“ der Elemente eine quantitative Unterlage zu schaffen: ein Atom wird um so „elektropositiver“ erscheinen, je leichter es ist, ein Elektron von ihm abzureißen. So erhält man für die Alkalimetalle aus den Grenzen ihrer „Hauptserien“ die folgenden Ablösearbeiten, die wir in kg-Cal pro Mol, einem von der Angabe der chemischen „Wärmetönungen“ her vertrauten Maß, angeben:

Li	Na	K	Rb	Cs
123,0	117,0	99,0	95,1	88,6

(Zahlen nach Born, Verh. D. Physik. Ges. 21, 1919, S. 13.) Mit steigendem Atomgewicht fällt die Ablösearbeit, der alten Erfahrung entsprechend, daß der positive Charakter stärker wird. Von diesen Erfahrungen an positiven Elementen aus kann man nun, wie Born und Fajans es durchgeführt haben, mit Hilfe der Wärmetönung, die bei der Bildung etwa der Alkalihalogenide auftritt, und der potentiellen Energie der gebildeten Ionengitter auch die Energie berechnen, die frei wird, wenn das dem Alkali entrissene Elektron dem Halogenatom eingefügt wird, also auch für den „elektronegativen Charakter“ von Elementen ein Maß gewinnen. Nach Bohrs Grundvorstellung müßte aber bei solchem Hineinfallen eines Elektrons in ein fremdes Atom auch unmittelbar eine Strahlung entstehen können, deren Frequenz der freiwerdenden Energie entspräche. Man darf wohl vermuten, daß Erscheinungen solcher Art der Grund sind, warum Oxydationsvorgänge, bei denen ja stets Sauerstoffatome fremde Elektronen aufnehmen, eine so bevorzugte Rolle bei der Erzeugung von „Chemilumineszenz“ spielen. Franck hat Überlegungen solcher Art auf Versuche von Steubing an Joddampf angewandt und einen plausiblen Wert für die „Elektronenaffinität“ erhalten.

Gibt so die Hauptseriengrenze ein Maß für die Arbeit, die zum völligen Abreißen eines Elektrons vom normalen Atom nötig ist, so geben die Linien dieser Serie die Arbeit an, deren man bedarf, um das Elektron aus seiner normalen Lage in eine weiter vom Kern entfernte Bahn hinauszuziehen. Man lernt so Zustände kennen, in denen das Atom gegenüber dem Normalzustande mit verfügbarer Energie geladen ist, und kommt zu der insbesondere von Franck verfolgten „Chemie der angeregten Zustände“.

Nach Klein und Rosseland braucht die beim Zurückfallen eines solchen Elektrons aufgespeicherte Energie nicht notwendig als Strahlung ausgesandt

zu werden, sie kann auch dazu dienen, andere Arbeit zu leisten, etwa ein fremdes Elektron zu beschleunigen oder, wie Franck hervorgehoben hat, an anderen Atomen chemische Vorgänge zu veranlassen. Einen ungemein einfachen und eindrucksvollen Versuch hierüber haben Franck und Cario angestellt. Die zur Dissoziation von Wasserstoff in Atome nötige Arbeit ist (mit mäßiger Genauigkeit) bekannt, man kann also die Frequenz, die diese Energie auf ein Atom übertragen würde, leicht berechnen. Das Wasserstoffgas selbst zeigt aber in diesem Gebiet keine Absorption, besitzt also kein Organ, um bei Bestrahlung mit solchem Licht die Dissoziationsenergie aufzunehmen und bleibt beim Versuche unzerlegt. Hingegen vermag das Quecksilberatom eine naheliegende Frequenz zu absorbieren, wird also vom Licht zu einem Zustande angeregt, in dem es die zur Wasserstoffdissoziation nötige Energie aufgespeichert enthält. Mischt man daraufhin den Wasserstoff mit Quecksilberdampf, so wird er bei Bestrahlung des Gemisches mit der das Quecksilber anregenden Wellenlänge in der Tat dissoziiert, beginnt etwa Metalloxyde zu reduzieren. Daß die Beimischung einer Substanz, die eine bestimmte Wellenlänge absorbiert, dazu dienen kann, mit Hilfe dieser Wellenlänge chemische Prozesse einzuleiten, ist aus der „Sensibilisation“ photographischer Platten allgemein bekannt. Der Cario-Francksche Versuch zeichnet sich durch die Einfachheit der Überlegung aus, nach der man planmäßig aus der Kenntnis der für den gewollten chemischen Prozeß nötigen Energie den Sensibilisator wählte, der sie aus dem Licht herauszuholen vermag.

Wie Franck — teilweise an Versuche von Paschen anschließend — festgestellt hat, gibt es einzelne angeregte Zustände, aus denen das Elektron nicht von selbst unter Strahlung in seine Normallage zurückzukehren vermag. Das Atom verbleibt daher in solch „metastabilem“ Zustande so lange, bis irgend eine äußere Einwirkung ihn zerstört. Da ein Teil der Ablösearbeit des Elektrons durch die Anregung schon geleistet ist — denn es bewegt sich in einer Bahn, die vom Kern weiter entfernt ist als die normale —, erscheint das Atom nun elektropositiver als im Normalzustand. Am metastabilen Helium ist nach Franck schon etwa $\frac{1}{2}$ der Ablösearbeit des einen Elektrons geleistet, die noch verbleibende Ablösearbeit steht zwischen der des Na und des K. Der metastabile Charakter dieses so entschieden positiven Zustandes des He vermag wirklich, wie es scheint, einige Erscheinungen verständlicher zu machen, in denen sich das He wie ein chemisch aktives Element verhält. Nach Goldstein emittiert es bei hohen elektrischen Stromdichten ein Bandenspektrum. Demnach vermag reines Helium mehratomige Moleküle zu bilden, wenn man eine genügend hohe Raumdichte angeregter Atome schafft, — man darf also mit Lenz vermuten, daß die einwertig positiv gewordenen He-Atome ein-

ander ähnlich zu He_2 binden, wie der einwertige Wasserstoff ein zweiatomiges Molekül bildet. Gleichzeitig kann aber auch daran gedacht werden, daß angeregtes He wie H einen schwach elektronegativen Charakter besitze (H steht wie ein Halogen im System vor einem Edelgas, und bekanntlich hat *Moers* auf Anregung von *Nernst* in LiH Wasserstoffanionen gefunden), und es scheint, daß angeregtes He in der Tat fremde Elektronen aufzunehmen vermag, während kaltes He-Gas bekanntlich nicht die mindeste Elektronenaffinität besitzt. In Quecksilberdampf andererseits scheint sich schon aus einem angeregten und einem normalen Atom ein Hg_2 -Molekül bilden zu können. Bei all diesen Überlegungen spielt die Bohrsche Theorie die Atomspektren und die ihr eng verwandte (von *Lenz*, *Heurlinger*, *Kratzer* entwickelte) Theorie der Molekül- (Banden-) Spektren eine wesentliche Rolle, indem die vermuteten Gebilde zunächst durch ihr Spektrum nachgewiesen und mit dessen Hilfe ihre Stabilität und ihr Zerfall verfolgt wird.

3. Die Elektronenanordnungen in den chemischen Atomen und das periodische System.

Wir kommen damit zu einem dritten Punkt, dessen Behandlung unter dem Einfluß der Bohrschen Gedanken für den Chemiker bedeutungsvoll ist: die Anordnung, die die Elektronen in den Atomen der verschiedenen Elemente einnehmen und damit die konstitutive Bestimmung der „Eigenschaften“ der chemischen Elemente.

Eine derartige Aufgabe ist z. B. in einem früheren Stadium — unter der Annahme räumlich verteilter positiver Ladung — von *J. J. Thomson* in einer bekanntgewordenen Darstellung behandelt worden. Es ergaben sich, unter Beschränkung auf ebene Anordnung und genäherte Rechnung, konzentrische Ringe. Mit wachsender Elektronenzahl verlangte die Stabilität von Zeit zu Zeit Umordnung zu einer größeren Zahl von Ringen, eine Erscheinung, die mit der Periodenbildung im System der Elemente in Beziehung gesetzt wurde. Die strenge und vollständige Behandlung dieser Aufgabe durch *L. Föpl* (1912) bestätigte die qualitative Analogie, die wirklichen Elementzahlen der Perioden aber waren mit dem Thomsonschen Modell nicht zu erhalten.

Bohr fügte, als er dieser Aufgabe gegenübertrat, außer dem einfachen Kerne *Rutherfords* und der Elektronenzählung von *van den Broek* die quantentheoretische Bestimmung der von den Elektronen beschriebenen Bahnen hinzu. Während die ältere Vorstellung, daß die Elektronen ruhten, das Problem der Elektronenanordnung einfach als das Problem, die Anordnung minimaler potentieller Energie zu bestimmen, ansehen durfte, verwandelt es sich bei Annahme von Elektronenbewegung um einen Kern in das bekannte Problem der Himmelsmechanik, die Bewegung eines Systems von Planeten zu behandeln, die von einem Zentralkörper angezogen werden und auch aufeinander vom Newtonschen Gesetz

bestimmte Kräfte ausüben. Zudem soll hier die Bewegung jedes einzelnen Planeten den Quantenbedingungen genügen, die zunächst in einer Vorschrift über die der Keplerschen „Flächenkonstanten“ eng verwandte Größe des „Impulsmoments“ bestanden. *Bohr* untersuchte demnach zunächst Systeme, die absichtlich einfach angeordnet waren: die Elektronen sollten äquidistant auf Kreisen hintereinander herlaufen; bildeten sich mehrere solche Ringe, so wurden sie in eine Ebene verlegt, was sich für nicht allzu viel Elektronen auch aus Stabilitätsgründen zu empfehlen schien. Die Teilnehmer eines Ringes gehorchten natürlich sämtlich derselben Quantenvorschrift, zur Verteilung auf die Ringe dienten Hinweise aus der chemischen Erfahrung, indem die Zahl der Außenelektronen der (positiven oder negativen) Hauptvalenzzahl gleichgesetzt wurde. Ferner schienen — und diesen Punkt hat, wie wir sehen werden, eine besonders interessante Entwicklung durchgemacht — energetische Überlegungen anzudeuten, daß die innersten Ringe die Elektronenzahlen, die sie haben, wenn sich um sie ein weiterer zu bilden beginnt, nicht bis zu beliebig höheren Kernladungszahlen beibehalten, sondern in stärkeren Kernfeldern noch Elektronen aus den äußeren Ringen an sich ziehen. Man konnte so daran denken, daß etwa der innerste Ring von zwei später auf vier und acht Elektronen übergehe.

Bohr hatte bereits in seinen ersten Arbeiten gezeigt, daß die *K*-Röntgenstrahlung ihrer Anregungsenergie nach aus dem innersten Ring stamme. *Moseleys* Messungen bestätigten dies und zeigten zudem für die *L*-Strahlen Schwingungszahlen, die, in Bohrscher Weise gedeutet, auf den zweiten Ring wiesen. Ferner ließen sich aus *Bohrs* allgemeinen Vorschriften Beziehungen zwischen den beiden Spektren entwickeln, die sich bestätigten und darauf deuteten, daß man hier wirklich die beiden innersten Elektronengruppen beobachte. Die neu sich entwickelnde Röntgenspektroskopie aber zeigte, daß die Wellenlänge dieser Spektrallinien sich von Element zu Element völlig gleichförmig ändere, ohne je durch einen Sprung zu verraten, daß neue Elektronen in die innersten Gruppen einträten.

Ferner deutete der Gang der Valenzen, wenn man seine elektrochemische Bedeutung im periodischen System ins Auge faßte, auf ganz auffällige Stabilitätserscheinungen der Elektronen im Atom: erinnerte man sich an die *Drudesche* Auffassung (1904), daß nicht nur die positive Valenzzahl eine Zahl von besonders lose haftenden Elektronen anzeige, sondern außerdem die negative die Fähigkeit des Atoms vertrate, eine bestimmte Zahl fremder Elektronen an sich zu fesseln und vereinigte sie mit der Annahme von *van den Broeks*, daß die Elektronenzahl von Element zu Element um eins zunimmt, so ergab sich, daß jeweils der Elektronenzahl, die ein Edelgas besitzt, eine ganz besondere Stabilität

zugeschrieben werden muß. Zunächst ist jedes Edelgas durchaus abgeneigt, seine Lage als einzelnes neutrales Atom aufzugeben, die vor ihm stehenden Elemente aber suchen durch Elektronenaufnahme seinen Elektronengehalt zu erreichen, die ihm folgenden lassen sich leicht die überschießenden abnehmen. Nimm man demnach an, daß hier jeweils eine „Schale“ von Elektronen abgeschlossen werde, so kam man zunächst wiederum, wie in *Bohrs* erster Skizze solcher Anordnungen, bei Helium zum Abschluß der ersten Gruppe von zwei Elektronen, dann aber zu einer zweiten (Neon) und dritten (Argon) von je acht Elektronen. Es ließ sich später zeigen, daß sich das *L*-Spektrum in der Tat gerade von Neon an stetig fortentwickelt, aber auch schon der Moseleysche Befund über die Röntgenspektren hatte Anzeichen dafür gebracht, daß sich in der innersten Gruppe nur wenige, in der zweiten bedeutend mehr Elektronen aufhielten. Alle diese Aussagen waren freilich rein energetischer Natur, sowohl die elektrochemischen Charaktere wie, nach der *Bohrschen* Deutung, die Spektraldaten geben lediglich die Bindeenergie für Elektronen. Man besaß eine energetische Einteilung der Elektronen. Allein die Energie der am stärksten gebundenen Gruppe entsprach nach *Bohrs* Nachweis so deutlich dem Aufenthalt im fast ungestörten Kernfeld, daß es berechtigt erschien, sie mit *Bohr* als „innerste“ zu betrachten und die übrigen im wesentlichen als „Schalen“ anzusehen, die einander in der energetisch gegebenen Reihenfolge umhüllen.

In den folgenden Jahren ist die Frage, ob die Schalen speziell als konzentrische Elektronenringe angesehen werden dürften, von vielen Seiten untersucht worden, ohne daß sich ein befriedigendes Ergebnis gewinnen ließ. So zeigte z. B. *Debye*, daß eine derartige Rechnung von den beobachteten Röntgenfrequenzen aus unvermeidlich auf eine Elektronenzahl von drei Elektronen im innersten Ringe führte, ein Ergebnis, das der unmittelbaren Aussage des periodischen Systems zuwiderlief. Später hat insbesondere *Smekal* entschieden ausgesprochen, daß eine ebene Anordnung zur Darstellung der Röntgenspektren nicht genüge. Die Absolutberechnung der Röntgenfrequenzen ist bis heute noch nicht gelungen, während das System ihrer gegenseitigen kombinatorischen Beziehungen sich mit den wachsenden Meßmitteln schärfer und schärfer hat ausgestalten lassen und in den letzten Jahren in den Arbeiten von *Wentzel* und *Coster* zu einem gewissen Abschluß gelangt ist. Diese strenge Bewahrung der Wechselbeziehungen ist u. a. auch von großer Bedeutung für die oben besprochene Frage nach der Natur der auf die Elektronen wirkenden Kräfte, denn sie zeigt, im *Bohrschen* Sinne gedeutet, daß diese ein Potential besitzen, da der Übergang zwischen zwei Zuständen auf verschiedenen Wegen dieselbe Energieabgabe lie-

fert, bestätigt also auch für das Innere verwickelter Atome, an denen Absolutberechnungen nicht durchführbar sind, eine der Grundeigenschaften des elektrostatischen Feldes.

Das primitive Verfahren, auf die Elektronenanordnung aus dem Gang der elektrochemischen Eigenart der Elemente zu schließen, führt ohne Schwierigkeit bis zum Argon (Ordnungszahl $Z = 18$) und noch etwas darüber hinaus. Bis zum 25. Element, dem Mangan, steigt die Maximalwertigkeit korrekt bis zur Siebenwertigkeit an, so daß man annehmen darf, daß ihm die sieben Elektronen, die es über Ar hinaus besitzt, leichter entrissen werden können als die übrigen. Nun aber springt in der Eisengruppe die positive Maximalwertigkeit *abwärts*, es reicht kein chemisches Mittel mehr hin, alle über Ar hinausgehenden Elektronen abzureißen, wechselnde niedrigere Valenzstufen werden bevorzugt und nach dem noch zwischen Ein- und Zweiwertigkeit schwankenden Cu beginnt ein neuer Anstieg, die „Nebenreihe“ der ersten „großen Periode“. An ihrem Ende findet sich wieder ein Edelgas mit seiner typischen Umgebung energisch elektroaffiner Elemente, in der nächsten Periode aber wiederholt sich bei Rh das Zurückspringen der positiven Valenz und die übernächste bringt gar mit den seltenen Erden eine Kette von 18 einander folgenden Elementen von fast durchweg derselben Wertigkeit und später noch um Pt das dritte Analogon der Eisengruppe. Es ist bekannt, wieviel Kopfzerbrechen diese Verhältnisse bei dem Bemühen gemacht haben, eine formal elegante Anordnung für das periodische System zu finden. Betrachtet man ihre Einzelheiten, wie etwa die Unschlüssigkeit zwischen verschiedenen Wertigkeiten, die sich vielfach zeigt, die mangelnde Vollständigkeit der Analogien zwischen vielen analog zu stellenden Elementen, so kommt man bald zur Überzeugung, daß man nicht hoffen darf, mit einem einfachen geometrischen Schema der Wirklichkeit gerecht zu werden.

Geht man über das krause Benehmen der Eisengruppe zunächst hinweg, so erlaubt die darauf folgende „Nebenreihe“ wieder eine einfache Deutung: eine Reihe einander folgender Elemente gehen hier in positiver Maximalwertigkeit auf eine Zahl von 28 Elektronen zurück. In der zweiten Periode spielt die Zahl 46 dieselbe Rolle. Weder Nickel, das neutral 28 Elektronen besitzt, noch Palladium mit 46 zeigt aber besondere chemische Trägheit; noch weniger kann die Rede davon sein, daß die ihnen vorangehenden Elemente elektronegativen Charakter zeigten, wie die vor einem Edelgas. Erst an Kernen, deren Ladung höher ist als 28 und 46, scheinen diese Elektronenzahlen eine so ausgezeichnete Stabilität zu besitzen, daß sie nicht mehr unterschritten werden und für die positive Wertigkeit einer ganzen Reihe von Elementen maßgebend sind. Das Überwiegen des metallischen Charakters in den großen Perioden und damit

unter den Elementen überhaupt rührt von dieser Eigentümlichkeit her.

Für die Elektronengruppierung folgte hieraus, daß der einfache Gedanke der Auffüllung stabiler Schalen bis etwa in die erste Hälfte der ersten großen Periode mit einiger Sicherheit behauptet werden durfte. Es war natürlich formal sehr verführerisch, hier, wo die empirischen Anzeichen keine Sicherheit mehr gaben, einfach den Schalen Aufbau nach Symmetrierücksichten fortzusetzen, etwa für die großen Perioden um die Achterschalen der kleinen einfach größere von je 18 Elektronen zu legen. Indes entbehrten solche Fortsetzungen, wie etwa die von *Langmuir* (1919), bei aller Eleganz zu sehr der Beziehung zu den verwirklichten wirklichen Verhältnissen und den bereits gesicherten Grundzügen des Atombaus, um überzeugen zu können.

Ladenburg (1919) war der erste, der auf einen befriedigenderen Weg wies, den Bruch in der Mitte der großen Perioden durch eine Eigenschaft der Elektronenanordnung zu deuten: er nahm an, daß die vor und in der Eisengruppe hinzutretenden Elektronen nicht an der Oberfläche bleiben, sondern unter Bildung einer „Zwischenschale“ untersinken. Die Auszeichnung der Zahl 28 wird als Vollendung der Zwischenschale gedeutet, und dieser Gedanke der Ausbildung einer neuen stabilen Gruppe im Inneren durch sorgfältige Betrachtung der Elementeigenschaften sehr plausibel gemacht. Die Anomalien der Gegend des Eisens werden mit dem unfertigen Zustande der Zwischenschale in Zusammenhang gebracht, der regelmäßige Gang der Valenzen vom Zink an soll anzeigen, daß von hier an die Zwischenschale ihre völlige Stabilität erreicht hat und nicht mehr unter ihren Elektronengehalt heruntergegangen werden kann.

Nach *Bohrs* Grundgedanken gibt jede Ausendung einer Spektrallinie von der Annäherung eines Elektrons an das Atomgebäude Kunde. Zwischen den vielen Bahnmöglichkeiten, die nach dem Sommerfeldschen Gedanken der „vollständigen Quantelung“ einem Elektron erlaubt sind, ist aber, wie die Erfahrung an den Spektren zeigt, nicht jeder beliebige Übergang möglich, es bestehen „Auswahlregeln“. Für diese Regeln die physikalisch wesentliche Deutung zu finden, ist eine der interessantesten von den heute in Bearbeitung begriffenen Fragen dieses Gebiets. Wir können uns hier einfach auf ihr wirkliches Bestehen berufen, um den interessanten Gedanken anzudeuten, den *Bohr* kürzlich von diesen Erfahrungen aus in die Fragen der Aufbauregelmäßigkeiten eingeführt hat. Daß die „innerste Schale“ gerade mit zwei, die zweite mit acht Elektronen abgeschlossen wird, und daß die beiden diesen Gehalt durch die ganze Reihe der Elemente beibehalten, ist, wie wir zeigten, lediglich aus der Erfahrung geschlossen, nicht etwa deduktiv aus Aufbauprinzipien abgeleitet, ja, nach den einfachsten Vorstellungen erscheint es auffällig, daß

diese innersten Gruppen bei höheren Kernladungen nicht noch mehr Elektronen aufnehmen, was im ersten Bohrschen Entwurf angenommen war. *Bohr* weist nun darauf hin, daß hier die Spektralerfahrungen über Auswahlvorgänge eine sehr interessante Anwendung finden können. Er nimmt an, daß nur solche Elektronenanordnungen wirklich als chemische Atome vorkommen, deren allmählicher Aufbau aus herankommenden Elektronen nach den spektralen Auswahlregeln erlaubt erscheint. Dieser Gedanke verspricht sehr fruchtbar zu sein, die Regelmäßigkeiten des periodischen Systems werden damit freilich mit einem der begrifflich schwierigsten Gebiete verknüpft, doch ist es wichtig genug, überhaupt noch ein Prinzip eingeführt zu sehen, das die Umordnung der Elektronen einschränkt und mit zur Bestimmung der entstehenden Anordnungen beitragen muß.

Sommerfelds Gedanke, daß die Mannigfaltigkeit der Elektronenbahnen durch mehrere „Quantenzahlen“ bestimmt sein muß, indem nicht nur das erwähnte, mit der Keplerschen Flächenkonstanten zusammenhängende Impulsmoment, sondern etwa auch Exzentrizität und Neigung der Bahnebenen nach Quantenvorschriften geregelt sind, hat zu mancherlei Versuchen geführt, sich die Bahnformen, die eine Schale zusammensetzen, näher vorzustellen. Bereits 1914 verrieten die Röntgenspektren, daß in der zweiten Schale mindestens zwei Bahnarten verschiedener Energie vorkämen und die weitere Entwicklung hat, wie in dem Aufsatz über Röntgenspektren geschildert, zu einer genauen Kenntnis der hier bestehenden Mannigfaltigkeit geführt. Eine Vereinigung dieser Erfahrungen mit deduktiven Überlegungen hat kürzlich *Bohr* zu genauer Angabe der Bahntypen für nahezu alle Elemente geführt, wovon einige der wesentlichsten Fälle, mit schematisch in eine Ebene verlegten Bahnen, auf der diesem Heft beigegebenen Tafel dargestellt sind. Zunächst ist hervorzuheben, daß die Bahnen z. T. so exzentrisch sind, daß die Angehörigen einer äußeren Schale z. T. während eines (freilich kleinen und rasch durchlaufenen) Teiles ihrer Bahn in die inneren Gruppen einschneiden (diese inneren Schlingen sind in den Figuren der Durchsichtigkeit halber nicht angedeutet, vgl. Kohlenstoff). Es erhält nun die erste Schale einen Bahntypus, die zweite zwei, für die dritte sind drei möglich und so fort. Während nun aber die Achtergruppe des Neons erlaubt, die beiden hier möglichen Bahntypen mit einer Zahl von Elektronen zu besetzen, die eine große räumliche Symmetrie der Bahnen ermöglicht, kann Argon mit seinen acht Elektronen offenbar unmöglich eine gleichförmige Besetzung der drei hier möglichen Bahngruppen zustande bringen. Nach *Bohr* enthält es erst zwei von ihnen, jede, wie bei Neon, durch vier Elektronen vertreten. Bei Kalium und Calcium beginnt nun zunächst die Bildung der vierten Gruppe, dann

aber tritt nun für die dritte Schale wirklich die Erscheinung ein, die *Bohr*, wie wir sahen, von Anfang an als möglich ins Auge faßte; es treten Elektronen von außen nach. Für den Anfang dieses Vorgangs besteht eine höchst interessante Andeutung in den Spektren; wie er sich weiter im einzelnen abspielt, ist noch nicht bekannt; das Ergebnis scheint jedenfalls zu sein, daß 10 weitere Elektronen in die dritte Schale aufgenommen werden, da man so für die drei inneren Gruppen zusammen die ausgezeichnete Zahl 28 erhält. Mit nunmehr 18 Elektronen aber können die drei für die dritte Gruppe vorgesehenen Bahntypen gleichmäßig besetzt werden, wie in der Figur für das Kupfer angegeben ist. So wie hier die dritte Gruppe beim Argon eine erste stabile Form von 8 Elektronen erhält, sich später aber in der Eisengruppe auf 18 umstellt, vollendet die vierte eine erste stabile Form bei Krypton, stellt sich in

der Rutheniumgruppe auf 18 und schließlich in der Gruppe der seltenen Erden sogar auf 32 Elektronen um, (vier Bahntypen, von je 8 Elektronen vertreten), während die fünfte beim Xenon die Achterform, in der Platingruppe die Besetzung mit 18 Elektronen erreicht. Betrachtet man die wundervolle Symmetrie, die nach diesen Gedanken im Atomgebäude herrscht, so ist es besonders befriedigend, dabei daran zu denken, daß das Bild, das hier entworfen wird, nicht, wie so viele frühere Versuche über das periodische System, spekulativ auf der Suche nach geometrischen Regelmäßigkeiten entstanden ist, sondern daß die Quantentheorie, die *Bohr* zuerst in sicherer Anwendung in das Gebiet der Atomstruktur einführte, nun auch bei der Frage nach der geordneten Verwandtschaft der chemischen Elemente sich als das ordnende Prinzip enthüllt.

Bohrsche Theorie und Radioaktivität.

Von G. v. Hevesy, Kopenhagen.

Die Bohrsche Quantentheorie des Atombaus beschäftigt sich mit dem Aufbau von Atomen aus Kernen und Elektronen, mit der Untersuchung der stationären Bahnen der Elektronen und mit den Übergangsmöglichkeiten aus einer Bahn in eine andere. Die radioaktiven Vorgänge spielen sich im Atomkern ab und deshalb liegt die Radioaktivität außerhalb des Rahmens der ursprünglichen Bohrschen Theorie. Verfolgen wir jedoch die Entwicklung der Theorie zurück bis zu ihren Anfängen, so sehen wir, daß eben Überlegungen auf dem Gebiete der Radioaktivität den Anstoß zur Aufstellung der Quantentheorie des Atombaus gaben, und daß der Entstehung dieser Theorie eine Reihe von fundamentalen Erkenntnissen unmittelbar vorausgegangen war, die wir gleichfalls *Bohr* verdanken, nämlich: Das Erkennen der ausschlaggebenden Bedeutung der Kernladungszahl für die sogenannten Elektroneneigenschaften, wie die chemischen, die spektralen usw., der Hinweis, daß sich die Röntgenspektren zur Bestimmung der Kernladungszahl und so auch für die mit der identischen Ordnungszahl eignen und die prinzipielle Unterscheidung von Kern- und Elektroneneigenschaften. Hierdurch kam er in die Lage, anzugeben, daß die bei der radioaktiven Umwandlung ausgesandten β -Teilchen, ebenso wie die α -Partikelchen, aus dem Kern stammen und damit die Folgen einer α - und zwei successiver β -Umwandlungen für die chemischen Eigenschaften des Atoms (die radioaktiven Verschiebungssätze) als erster zu erkennen.

Bereits das Kernmodell *Rutherfords*, der mächtige Beginn der Entwicklung der modernen Atomtheorie, ließ die große Bedeutung der Kernladungszahl erkennen, ohne jedoch die oben erwähnten Konsequenzen zu ziehen, oder scharf zwischen Kern- und Elektroneigenschaften zu

unterscheiden. Diese Unterscheidung machte zuerst *Bohr*¹⁾; sie gehört unzweifelhaft zu den wichtigsten Errungenschaften der Atomphysik und Atomchemie. Daß die α -Teilchen dem Kern entstammen, zeigte bereits *Rutherford*; die Frage nach dem Ursprunge der bei den radioaktiven Umwandlungen primär ausgesandten β -Teilchen konnte *Bohr* auf Grund der soeben besprochenen Unterscheidung eindeutig beantworten, die ihn auch sofort zu dem Verständnis des Zusammenhanges führte, der in den radioaktiven Verschiebungssätzen zum Ausdruck kommt.

Die den eigentlichen Abhandlungen über den Atombau vorausgehende Mitteilung „Über die Theorie der Geschwindigkeitsabnahme bewegter elektrisch geladener Teilchen beim Durchgang durch Materie“, war im August 1912 abgeschlossen und erschien im Januarheft des *Phil. Mag.* im nächsten Jahre. In dieser Abhandlung wird gezeigt, daß die Geschwindigkeitsabnahme von α - und β -Teilchen von der Schwingungsfrequenz der Elektronen in den Atomen des absorbierenden Mediums abhängt. Die erfolgte Absorption kann unter der Annahme, daß das H-Atom ein, das Helium zwei Elektronen hat, und nur unter dieser Voraussetzung berechnet werden. Die natürliche Reihenfolge der chemischen Elemente fällt demnach mit der Anzahl der Elektronen und so auch mit der Kernladungszahl der Atome zusammen — ein Gedanke, der kurz darauf von *v. d. Broek* in allgemeiner Form ausgesprochen wurde.

In der besprochenen Abhandlung über den Geschwindigkeitsverlust von α -Strahlen knüpft *Bohr* unter anderem an die Whiddingtonsche Relation an, die jene minimale Kathodenstrahlengeschwindigkeit angibt, welche die charakteristische

¹⁾ *Phil. Mag.* 26, 500, 1913.

Röntgenstrahlung in der betreffenden Substanz zu erzeugen vermag. Die nähere Verfolgung dieser Relation und ihre Verknüpfung mit den Ideen der Quantentheorie waren für die weiteren Betrachtungen *Bohrs* von ausschlaggebender Bedeutung und führten ihn schließlich zur Aufstellung seiner bekannten Grundpostulate, auf denen sich die gesamte Quantentheorie der Atomstruktur aufbaut. In diesem Zusammenhang dürfte der Brief nicht ohne Interesse sein, den *Bohr* am 3. März 1913 — in Beantwortung einer Anfrage über die Änderung, welche die Dimensionen der Atome nach der Aussendung eines α - bzw. β -Teilchens erleiden — an den Verfasser gerichtet hat, und der u. a. folgenden Passus enthält:

„Die erwähnten Resultate [worunter er seine Anschauungen über den Aufbau des Wasserstoff- und Heliumatoms usw. versteht], und die sichtliche Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment im Falle der verschiedensten Phänomene, wie Dispersion, Magnetismus, Radioaktivität, haben mich in diesen Anschauungen bekräftigt, welche ich bereits in Manchester hatte, daß man hoffen kann, durch einfache Betrachtungen, wie die oben erwähnten, zu einer Kenntnis der Struktur von solchen Systemen in allen Einzelheiten zu gelangen, in welchen Elektronen die Kerne der Atome und Moleküle umgeben. Bei der Bezeichnung chemisch und physisch schließe ich Gravitation und Radioaktivität aus, welche von chemischem und physikalischem Zustand unabhängig sind, und die entsprechend den gebildeten Anschauungen nur von der inneren Struktur des Kernes abhängen, während die anderen Eigenschaften nur vom Elektronensystem abhängig sind, die der in Frage stehenden Theorie entsprechend durch die Gesamtladung des Kernes vollständig bestimmt sind. Bei den radioaktiven Vorgängen beobachten wir eine Explosion des Kernes und dem Obigen entsprechend werden die chemischen und physischen Eigenschaften des neugebildeten Elementes nur von der Ladung des neu gebildeten Kernes abhängen, die ihrerseits wieder von der Ladung der ausgesandten Strahlung abhängt. Der letztere Zusammenhang ist eben der, welchen sie bei Ihren Versuchen [worunter die Bestimmung der Valenz der Ionen von Radioelementen auf Grund von Diffusionsversuchen gemeint ist] gefunden haben, und Ihre Resultate waren in Einklang damit, was ich erwartet und gehofft habe.“

Schon die erwähnte Abhandlung *Bohrs* enthält den Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der Ordnungszahl und dem charakteristischen Röntgenspektrum des Elementes³⁾, der sich später dank *Moseleys* Arbeiten von so fundamentaler Bedeutung erwies. Der Verfasser erinnert sich an eine Diskussion, die im Jahre 1913 in Manchester stattfand und *Moseleys* Arbeit vorausging. Der Gegenstand der Diskussion war

die Frage, ob die Röntgenlinien des Eisens unmittelbar von denen des Nickels oder des Kobalts gefolgt werden; die erstere Möglichkeit wäre ja damit gleichbedeutend, daß die Röntgenspektren mit steigenden Atomgewichten, die letztere, daß sie mit der Reihe der chemischen Eigenschaften zusammenfallen. In der Debatte war *Bohr* der Meinung, daß die Ordnungszahl ebenso für die Röntgenspektren wie für die Chemie die ausschlaggebende Größe sei, und daß dementsprechend höchstwahrscheinlich die Reihenfolge Kobalt-Nickel zu erwarten ist. „Wir werden sehen, welche Größe für die Röntgenspektren maßgebend ist“, mit diesem Ausruf begann *Moseley* seine epochale Untersuchung, welche bald das überraschende Resultat der so großen Einfachheit des Baues der Röntgenspektren erbrachte, die der damalige Stand der Atomtheorie noch nicht vorauszusehen vermochte.

Eine Fortsetzung der oben besprochenen Arbeit erschien im Jahre 1915 im *Phil. Mag.* Es wird dort der berechnete Geschwindigkeitsverlust beim Durchgang von β -Strahlen durch Materie mit neuen experimentellen Daten verglichen, wobei bei der Berechnung die Wahrscheinlichkeitsschwankungen mitberücksichtigt werden, welchen die Energie der einzelnen β -Teilchen unterliegt. Es wird ferner gezeigt, daß man durch Versuche über die Geschwindigkeitsabnahme von β -Teilchen die Richtigkeit der Formeln prüfen kann, welche sich auf Grund der Relativitätstheorie für Energie und Bewegungsmoment schneller Elektronen ergeben.

In neuester Zeit hat sich dann die Andeutung eines weiteren Zusammenhanges zwischen Radioaktivität und der Quantentheorie des Atombaus ergeben. Die β -Teilchen, die das zerfallende Atom verlassen, zeigen meist eine diskrete Geschwindigkeitsverteilung, und es wurde bereits im Jahre 1912 von *Rutherford*⁴⁾, bemerkt, daß eine Quantenrelation zwischen der Energie dieser β -Teilchen besteht. Eine nähere Untersuchung des Zusammenhanges zwischen den bei radioaktiven Umwandlungen ausgesandten β - und γ -Strahlen führte *Ellis*⁵⁾ und *Meitner*⁵⁾ zur Erkenntnis, daß zumindest die härteren γ -Strahlen dem Kern entstammen, und daß ein einfacher Zusammenhang zwischen der Energie der dem Kern entstammenden γ -Strahlen und den aus den Elektronengruppen durch die γ -Impulse sekundär erzeugten β -Strahlen besteht. Ein Vergleich der Energie der verschiedenen, bei derselben Umwandlung ausgesandten γ -Impulse zeigte dann, daß auch zwischen diesen eine Quantenrelation besteht, was den Gedanken eines Aufbaues der Atomkerne aus α - und β -Teilchen auf einer ähnlichen Art nahelegt, wie nach der Bohrschen Anschauung die Atome aufgebaut sind.

³⁾ *Phil. Mag.* 24, 453, 1912.

⁴⁾ *Proc. Roy. Soc.* 99, 261, 1921; 101, 1, 1922.

⁵⁾ *Zs. f. Phys.* 9, 131, 145, 1922; vgl. auch *Smekal*, *Zs. f. Phys.* 10, 275, 1922 und *Rosseland*, *Zs. f. Phys.* 14, 173, 1923.

²⁾ vgl. auch *Phil. Mag.* 26, 500, 1913.

Über den Bau der Atome¹⁾.

Von N. Bohr, Kopenhagen.

Das allgemeine Bild des Atoms.

Der gegenwärtige Stand der Atomtheorie ist dadurch charakterisiert, daß wir nicht nur die Existenz der Atome als unzweifelhaft erwiesen betrachten können, sondern sogar annehmen dürfen, daß wir eine eingehende Kenntnis der Bausteine der einzelnen Atome besitzen. Es wird bei dieser Gelegenheit nicht möglich sein, Ihnen einen Überblick über die Entwicklung der Wissenschaft zu geben, die zu diesem Resultat geführt hat. Ich will bloß an die Entdeckung der Elektronen am Ende des vorigen Jahrhunderts erinnern, welche die direkte Bestätigung und schließliche Abklärung der Vorstellungen von der atomistischen Natur der Elektrizität brachte, die sich seit Faradays Entdeckung der elektrolytischen Grundgesetze und der elektrochemischen Theorie von Berzelius langsam entwickelt hatten, und die ihren schönsten Triumph fanden in der elektrolytischen Dissoziationstheorie von Arrhenius. Die Entdeckung der Elektronen und die Klärung ihrer Eigenschaften war das Resultat der Arbeiten einer großen Zahl von Forschern, unter denen besonders Lenard und J. J. Thomson genannt werden können. Namentlich der letztgenannte Forscher hat durch seinen gedankenreichen Versuch, Vorstellungen über den Bau der Atome auf Grund der Elektronentheorie zu entwickeln, einen bedeutungsvollen Beitrag zur Entwicklung der Atomtheorie geliefert. Der vorläufige Schlußstein der Entwicklung unserer Kenntnis der Bausteine der Atome wurde jedoch durch die Entdeckung der Atomkerne erreicht, die man Rutherford verdankt, dessen Arbeiten über die im Jahr hundertwende entdeckten radioaktiven Stoffe in so vielen Hinsichten die physikalische und chemische Wissenschaft bereichert haben.

Nach unseren jetzigen Vorstellungen ist ein Atom eines Elementes aufgebaut aus einem Kern, der eine positive elektrische Ladung hat und der der Sitz von weitaus dem größten Teil der Masse des Atoms ist, sowie aus einer Anzahl von Elektronen, die alle dieselbe negative Ladung und dieselbe Masse haben, und die sich in Abständen vom Kern bewegen, die außerordentlich groß sind im Vergleich mit den eigenen Dimensionen des Kerns und der Elektronen. Dieses Bild weist beim ersten Anblick eine außerordentliche Ähnlichkeit auf mit einem Planetensystem, so wie

wir es von unserem Sonnensystem kennen. Ebenso wie die einfachen Gesetze für den Bau der Himmelskörper nahe mit dem Umstand zusammenhängen, daß die Dimensionen der einzelnen Körper klein sind im Verhältnis zu ihren Bahnen, führt der entsprechende Sachverhalt beim Atombau ein unmittelbares Verständnis eines wesentlichen Zuges der Naturerscheinungen mit sich, soweit diese von den Eigenschaften der Elemente abhängen. Dieser läßt uns nämlich verstehen, daß diese Eigenschaften in zwei scharf getrennte Klassen geschieden werden können. Zur ersten Klasse gehören die meisten von den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente wie Zustandsform, Farbe und chemische Reaktionsfähigkeit. Diese Eigenschaften hängen ab von der Bewegung des Elektronensystems und der Weise, in der diese Bewegung durch verschiedene äußere Einwirkungen geändert wird. Infolge der großen Masse des Kerns im Verhältnis zu der der Elektronen und seiner geringen Größe im Verhältnis zu der der Elektronenbahnen wird die Bewegung des Elektronensystems nur in geringem Grad von der Masse des Kerns abhängen und mit außerordentlich großer Annäherung durch die gesamte elektrische Ladung des Kerns bestimmt sein. Namentlich wird der innere Bau des Kerns und die Art, wie die Elektrizität und die Masse auf die einzelnen Partikeln des Kerns verteilt ist, auf die Beschaffenheit des den Kern umgebenden Elektronensystems einen verschwindend geringen Einfluß haben. Der Bau des Kerns ist andererseits entscheidend für die zweite Klasse der Eigenschaften der Elemente, die in der Radioaktivität der Elemente zutage tritt. In den radioaktiven Prozessen beobachten wir ja eine Explosion der Kerne, wobei positive und negative Teilchen, sogenannte α - und β -Teilchen, mit außerordentlich großen Geschwindigkeiten von diesen ausgeschleudert werden. Unsere Vorstellungen vom Atombau geben uns deshalb eine unmittelbare Erklärung für den vollständigen Mangel eines Zusammenhanges zwischen den zwei Klassen von Eigenschaften der Elemente, der (wie bekannt) am deutlichsten in der Existenz von Elementen zum Ausdruck kommt, die mit außerordentlich großer Näherung dieselben gewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen, obwohl die Atomgewichte nicht dieselben und die radioaktiven Eigenschaften vollständig verschieden sind. Solche Elemente, deren Existenz zuerst in den Untersuchungen Soddis und anderer Forscher über die chemischen Eigenschaften der radioaktiven Elemente zutage

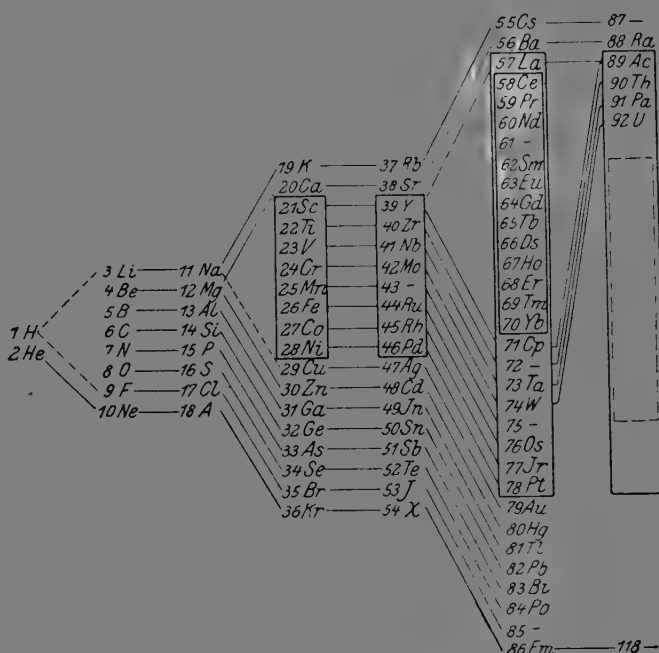
¹⁾ Vortrag, gehalten in Stockholm, den 11. Dezember 1922, anlässlich der Entgegennahme des Nobelpreises für Physik für das Jahr 1922. Ins Deutsche übersetzt von W. Pauli jr.

getreten ist, werden gemäß der Klassifikation der Elemente nach den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften als *Isotope* bezeichnet. Ich brauche hier nicht näher zu besprechen, wie es sich in den späteren Jahren gezeigt hat, daß die Isotopie nicht nur bei radioaktiven Stoffen auftritt, sondern auch bei Elementen von der gewöhnlichen beständigen Natur, indem eine große Anzahl von diesen, die bisher als zusammengesetzt angesehen wurden, nach *Astons* wohlbekannten Untersuchungen sich als aus einem Gemisch von Isotopen mit verschiedenen Atomgewichten bestehend erwiesen haben. Die Frage nach dem inneren Bau der Kerne, der nicht am wenigsten diese Untersuchungen großes Interesse gegeben haben, ist bis jetzt nur wenig geklärt, obzwar ein Weg zu ihrer Erforschung eröffnet ist durch *Rutherfords* Untersuchungen über Spaltung von Atomkernen durch Bombardement mit α -Strahlen, von denen gesagt werden kann, daß sie eine neue Epoche in der Naturwissenschaft eingeleitet haben, da es hier zum ersten Mal geglückt ist, künstlich ein Element in ein anderes zu verwandeln. Im folgenden wollen wir uns jedoch darauf beschränken, die gewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente zu betrachten, und die Versuche, die gemacht wurden, um diese auf Grund der genannten Vorstellungen vom Atombau zu erklären.

Wie wohlbekannt, lassen sich die Elemente, was ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften betrifft, in einem sogenannten *natürlichen System* anordnen, das eine eigentümliche Verwandtschaft zwischen den verschiedenen Elementen zutage treten läßt. Wie zuerst von *Mendelejeff* und *Lothar Meyer* gezeigt wurde, weisen die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elemente eine ausgesprochene Periodizität auf, wenn die Elemente in einer Reihenfolge angeordnet werden, die in der Hauptsache mit der Reihenfolge der wachsenden Atomgewichte zusammenfällt. Eine Übersicht über das natürliche oder periodische System der Elemente ist in Fig. 1 gegeben, wo jedoch die Elemente nicht in der Weise angeordnet sind, die bei der gewöhnlichen Darstellung des Systems benutzt wird, sondern mit einer Modifikation einer Darstellungsweise, die zuerst vom dänischen Chemiker *Julius Thomsen* angegeben ist, der auch auf diesem Gebiet bedeutende Beiträge geliefert hat. In der Figur sind die Elemente mit ihrem gewöhnlichen chemischen Zeichen bezeichnet und die verschiedenen vertikalen Kolonnen geben die sogenannten Perioden an. Elemente in aufeinanderfolgenden Kolonnen, die homologe chemische und physikalische Eigenschaften besitzen, sind durch Striche verbunden. Die vierkantigen Parenthesen um gewisse Reihen von Elementen in den späteren Perioden, deren Eigenschaften typische Abweichungen von der erwähnten einfachen Periodizität bei den Elementen in den

ersten Perioden aufweisen, haben eine Bedeutung, auf die wir im Folgenden zurückkommen werden.

Bei der Entwicklung unserer Vorstellungen vom Atombau haben die charakteristischen Züge des natürlichen Systems eine überraschend einfache Beleuchtung bekommen. So sind wir dazu geführt worden, anzunehmen, daß die Zahl, die in der Figur den verschiedenen Elementen beigelegt ist und die die Stelle des betreffenden Elementes im System angibt, die sogenannte Atomnummer, gerade gleich ist der Anzahl von Elektronen, die sich im neutralen Atom um den Kern bewegen. Dieses einfache Gesetz ist, wenn auch in unvollkommener Form, zuerst von *van*



Stabilität des Atoms und elektrodynamische Theorie.

Sobald wir versuchen, eine nähere Verbindung zwischen den Eigenschaften der Elemente und dem Bau der Atome zu erreichen, stoßen wir jedoch auf tiefliegende Schwierigkeiten, indem sich zeigt, daß trotz der früher erwähnten Analogie eine Wesensverschiedenheit zwischen einem Atom und einem Planetensystem besteht. Die Bewegungen der Körper in einem Planetensystem werden, obwohl sie das allgemeine Schweregesetz befolgen, durch dieses Gesetz allein nicht vollkommen bestimmt sein, sondern werden wesentlich von der Vorgeschichte des Systems abhängen. So ist die Länge des Jahres nicht allein durch die Massen der Sonne und der Erde bestimmt, sondern zugleich durch die Verhältnisse, die bei der Bildung des Sonnensystems geherrscht haben und von denen wir nicht im einzelnen Kenntnis haben. Sobald sich eines Tages durch unser Sonnensystem ein fremder Himmelskörper bewegen würde, der der Erde nahekam, müßten wir ferner darauf vorbereitet sein, daß die Länge des Jahres von diesem Tag an von der gegenwärtigen wesentlich verschieden sein könnte. Ganz anders verhält es sich mit den Atomen. Die bestimmten unveränderlichen Eigenschaften der Elemente fordern nämlich, daß der Zustand eines Atoms durch äußere Einwirkungen nicht bleibende Veränderungen erleiden kann. Sobald das Atom wieder sich selbst überlassen wird, müssen sich die Atomteilchen in einer Weise ordnen und bewegen, die vollkommen bestimmt ist durch die elektrischen Ladungen und Massen der Teilchen. Das schlagendste Zeugnis hiervon haben wir wohl in den Spektren, d. h. in der Beschaffenheit der Strahlung, die unter Umständen von den Stoffen ausgesandt werden kann; und die mit Hilfe von geeigneten Apparaten mit so außerordentlicher Genauigkeit untersucht werden kann. Wie wohl bekannt, sind die Wellenlängen für die Linien in den Spektren der Stoffe, die in vielen Fällen sogar mit größerer Genauigkeit als eins zu einer Million gemessen werden können, unter denselben äußeren Umständen innerhalb der Meßgenauigkeit stets dieselben, ganz unabhängig von der Behandlung, der die Stoffe vorher unterworfen waren. Auf diesem Sachverhalt beruht ja gerade die Spektralanalyse, die den Chemikern ein so unschätzbares Hilfsmittel beim Nachspüren von Elementen gewesen ist, und die uns die Erkenntnis gebracht hat, daß sich selbst auf den fernsten Himmelskörpern Elemente mit genau denselben Eigenschaften befinden wie hier auf der Erde.

Auf Grund unseres Bildes vom Atombau ist es also nicht möglich, solange wir uns allein auf die gewöhnlichen mechanischen Gesetze stützen, von der charakteristischen *Stabilität der Atome* Rechenschaft zu geben, die eine Erklärung der Eigenschaften der Elemente fordert. Die Sache steht in keiner Weise günstiger, wenn wir in die

Betrachtungen die wohlbekannten elektrodynamischen Gesetze einbeziehen, die auf Grund der großen Entdeckungen von *Ørsted* und *Faraday* in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts von *Maxwell* aufgestellt wurden. *Maxwells* Theorie erwies sich nicht nur imstande, von den schon bekannten elektrischen und magnetischen Erscheinungen Rechenschaft zu geben, sondern feierte bekanntlich ihren großen Triumph durch die Voraussage der von *Hertz* entdeckten elektromagnetischen Wellen, die jetzt in so großem Umfang in der drahtlosen Telegraphie verwendet werden. Eine Zeitlang schien es auch, als ob die Theorie in ihrer namentlich von *Lorentz* und *Larmor* ausgearbeiteten Anpassung an die atomistische Auffassung der Elektrizität berufen war, für eine Erklärung der Eigenschaften der Elemente in den Einzelheiten eine Grundlage zu geben. Ich brauche nur an das große Aufsehen zu erinnern, das entstand, als *Lorentz* bald nach *Zeemans* Entdeckung der eigentümlichen Veränderung, die Spektrallinien erleiden, wenn der leuchtende Stoff in ein magnetisches Feld gebracht wird, eine ungezwungene und einfache Erklärung der Hauptzüge dieses Phänomens geben konnte. *Lorentz* nahm an, daß die Strahlung, die wir in einer Spektrallinie beobachten, von einem Elektron ausgesandt wird, das eine harmonische Schwingung um eine Gleichgewichtslage vollführt, und zwar in ganz derselben Weise wie elektromagnetische Wellen in der drahtlosen Telegraphie infolge der elektrischen Schwingungen in der Antenne ausgesandt werden; und er zeigte, wie die von *Zeeman* beobachtete Änderung der Spektrallinien genau den Änderungen in der Bewegung des schwingenden Elektrons entspricht, von denen erwartet werden mußte, daß sie vom Magnetfeld hervorgerufen werden. Es erwies sich jedoch nicht als möglich, auf dieser Grundlage eine nähere Erklärung der Spektren der Elemente oder bloß des allgemeinen Typus der Gesetze durchzuführen, die mit großer Genauigkeit für die Wellenlängen der Linien dieser Spektren gelten, und die durch die bekannten Arbeiten von *Balmer*, *Rydberg* und *Ritz* klargelegt wurden. Nachdem wir Aufklärungen über den Atombau erhalten haben, treten diese Schwierigkeiten noch klarer zutage, da wir, solange wir uns an die klassische elektrodynamische Theorie halten, nicht einmal verstehen, daß wir überhaupt aus scharfen Linien bestehende Spektren erhalten. Ja, diese Theorie ist überhaupt unvereinbar mit der Annahme der Existenz von Atomen mit dem beschriebenen Bau, indem die Bewegung der Elektronen eine ständige Energieausstrahlung des Atoms fordern würde, die nicht aufhören würde, bevor die Elektronen in den Kern gefallen wären.

Entstehung der Quantentheorie.

Einen Ausweg, um die verschiedenen genannten Schwierigkeiten zu überwinden, hat man indessen durch die Einführung von Betrachtungen

gefunden, die der sogenannten *Quantentheorie* entnommen sind, und die einen vollständigen Bruch mit den Vorstellungen bedeuten, die bisher bei einem Versuch zur Erklärung der Naturerscheinungen benutzt worden sind. Der erste Keim zu dieser Theorie wurde bekanntlich von *Planck* im Jahre 1900 gelegt durch seine Untersuchungen über das Gesetz der Wärmestrahlung, das infolge seiner Unabhängigkeit von speziellen Eigenschaften der Stoffe, als Prüfstein für die Anwendbarkeit der Gesetze der klassischen Physik auf Atomprozesse besonders geeignet war. *Planck* betrachtete das Strahlungsgleichgewicht zwischen einer Anzahl von Systemen derselben Beschaffenheit wie die, auf die *Lorentz* seine Theorie des Zeemaneffektes basiert hatte, und konnte nicht nur zeigen, daß die klassische Elektrodynamik von den Wärmestrahlungsphänomenen nicht Rechenschaft zu geben vermochte, sondern auch, daß sich eine vollkommene Übereinstimmung mit dem Wärmestrahlungsgesetz erreichen ließ, wenn man — im bestimmtesten Widerspruch zur klassischen Theorie — annahm, daß die Energie des schwingenden Elektrons sich nicht kontinuierlich verändern kann, sondern nur in einer solchen Weise, daß die Energie des Systems stets einer ganzen Zahl von sogenannten „Energiequanten“ gleich ist. Die Größe eines solchen Quantums ergab sich als proportional der Schwingungszahl des Partikels, von der in Anknüpfung an die klassische Theorie angenommen wurde, daß sie die gleiche ist wie die Schwingungszahl der emittierten Strahlung. Der Proportionalitätsfaktor, die sogenannte Plancksche Konstante, mußte gemäß dem Charakter der Betrachtungen als eine neue universelle Naturkonstante analog der Lichtgeschwindigkeit und der Ladung und Masse des Elektrons angesehen werden.

Plancks überraschendes Resultat stand anfangs vollständig isoliert in der Naturwissenschaft, fand aber wenige Jahre später durch *Einsteins* bedeutungsvolles Eingreifen in dieses Gebiet eine vielseitige Anwendung. Erstens machte *Einstein* darauf aufmerksam, daß die Forderung der Begrenzung der Werte der Schwingungsenergie der Partikeln durch Untersuchungen über den Wärmehalt von kristallinen Körpern geprüft werden kann, da man es in diesen gerade mit ähnlichen Schwingungen zu tun hat, zwar nicht mit Schwingungen eines einzelnen Elektrons, aber mit solchen des ganzen Atoms um Gleichgewichtslagen im Kristallgitter. Die Übereinstimmung mit *Plancks* Theorie, die *Einstein* hier bald nachweisen konnte, ist bekanntlich durch spätere Arbeiten verschiedener Autoren in sehr bedeutungsvoller Weise ausgebaut worden. Sodann hob *Einstein* eine andere Konsequenz von *Plancks* Resultat hervor, nämlich daß Strahlungsenergie von den schwingenden Partikeln nur in sogenannten „Strahlungsquanten“ emittiert oder absorbiert werden kann, deren Größe gleich ist

dem Produkt von *Plancks* Konstante und der Schwingungszahl. In seinen Bestrebungen, diesem Resultat eine anschauliche Bedeutung zu geben, wurde *Einstein* zur Aufstellung der sogenannten „Lichtquantenhypothese“ geführt, nach der die Strahlungsenergie im Gegensatz zu *Maxwells* elektromagnetischer Lichttheorie sich nicht in elektromagnetischen Wellen fortpflanzen sollte, sondern in Lichtatomen geringer Größe, von denen jedes gerade eine Energiemenge enthält, die einem Strahlungsquantum entspricht. Diese Vorstellung führte *Einstein* zur wohlbekannten Theorie für den lichtelektrischen Effekt, die ganz neues Licht auf dieses nach der klassischen Theorie vollständig unverständliche Phänomen warf, und deren Voraussagen in den letzten Jahren eine so genaue experimentelle Bestätigung erhalten haben, daß wir in Messungen des lichtelektrischen Effektes vielleicht das genaueste Mittel zur Bestimmung von *Plancks* Konstante besitzen. Trotz ihres Wertes als heuristisches Hilfsmittel ist aber die Lichtquantenhypothese, die den Interferenzerscheinungen vollständig fremd gegenübersteht, nicht geeignet, eine Aufklärung der Frage nach der Natur der Strahlung zu bringen. Wir brauchen ja bloß daran zu erinnern, daß die Interferenzerscheinungen unser einziges Mittel bilden, um die Beschaffenheit der Strahlung zu untersuchen und um der Schwingungszahl, die für die Größe der Lichtquanten bestimmend ist, eine nähere Bedeutung beizulegen.

In den folgenden Jahren wurden nun von verschiedenen Seiten Bestrebungen unternommen, die quantentheoretischen Gesichtspunkte auf die Frage nach dem Atombau anzuwenden, indem das Hauptgewicht bald auf die eine, bald auf die andere der von *Einstein* aus *Plancks* Resultat gezogenen Konsequenzen gelegt wurde. Als die bekanntesten Versuche in dieser Richtung, durch die jedoch keine abgeklärten Resultate erreicht wurden, kann ich die Arbeiten von *Stark*, *Sommerfeld*, *Hasenöhr*, *Haas* und *Nicholson* nennen. Aus dieser Zeit stammt auch eine Arbeit des dänischen Chemikers *Bjerrum*, die, obwohl sie nicht direkt den Atombau ins Auge faßt, von Bedeutung für die Entwicklung der Quantentheorie gewesen ist. *Bjerrum* machte 1912 darauf aufmerksam, daß sich die Rotation der Moleküle in einem Gas durch die Änderungen gewisser Absorptionslinien mit der Temperatur untersuchen lassen müßte. Gleichzeitig hob er hervor, daß die Wirkung nicht in einer kontinuierlichen Verbreiterung der Linien bestehen sollte, so wie man es nach der klassischen Theorie erwarten mußte, die der Rotationsbewegung der Moleküle keine Einschränkung auferlegt, sondern er sagte im Zusammenhang mit der Quantentheorie voraus, daß die Linien in eine Anzahl von Komponenten aufgespalten werden müßten, entsprechend einer Folge von diskreten Rotationsmöglichkeiten der Moleküle. Diese Voraussage wurde einige Jahre später auf die schönste Weise

durch den Versuch der schwedischen Physikerin *Eva von Bahr* bestätigt, und das Phänomen muß noch immer als eines der deutlichsten Zeugnisse für die Realität der Quantentheorie betrachtet werden, wenn auch von unserem jetzigen Standpunkt seine ursprüngliche Deutung eine Modifikation hinsichtlich wesentlicher Einzelheiten erfahren hat.

Quantentheorie des Atombaues.

Die Frage nach der näheren Ausbildung der Quantentheorie war indessen in ein neues Licht gestellt durch *Rutherfords* Entdeckung der Atomkerne (1911). Wie wir schon gesehen haben, machte es diese Entdeckung nämlich klar, daß die klassischen Vorstellungen keine Grundlage boten für ein Verständnis der allerwesentlichsten Eigenschaften der Atome. Man wurde deshalb dazu geführt, eine Formulierung der Prinzipien der Quantentheorie zu suchen, die geeignet war, den Forderungen nach der Stabilität des Atombaues und nach der Beschaffenheit der von den Atomen emittierten Strahlung, welche die beobachteten Eigenschaften verlangen, unmittelbar entgegenzukommen. Eine solche Formulierung wurde 1913 vom Vortragenden vorgeschlagen durch die Aufstellung von zwei *Postulaten*, deren Inhalt folgendermaßen wiedergegeben werden kann:

I. Unter den denkbaren Bewegungszuständen in einem Atomsystem befinden sich eine Anzahl sogenannter *stationärer Zustände*, von denen zwar angenommen wird, daß die Bewegung der Partikeln in diesen Zuständen in bedeutendem Umfang die klassischen mechanischen Gesetze befolgt, die sich aber durch eine eigentümliche, mechanisch unerklärbare Stabilität auszeichnen, die mit sich bringt, daß jede bleibende Veränderung in der Bewegung des Systems in einem vollständigen Übergang von einem stationären Zustand zu einem anderen bestehen muß.

II. Während im Widerspruch zur klassischen elektromagnetischen Theorie keine Ausstrahlung in den stationären Zuständen selbst stattfindet, kann ein *Übergangsprozeß* zwischen zwei stationären Zuständen von einer Ausstrahlung elektromagnetischer Strahlung begleitet sein, welche dieselbe Beschaffenheit hat, wie diejenige, die nach der klassischen Theorie von einem elektrischen Teilchen emittiert würde, das eine harmonische Schwingung mit konstanter Schwingungszahl vollführt. Diese Schwingungszahl ν steht jedoch in keinem einfachen Zusammenhang mit der Bewegung der Teilchen des Atoms, sondern ist gegeben durch die Bedingung:

$$h\nu = E' - E''$$

worin h *Plancks* Konstante und E' und E'' die Werte für die Atomenergie in den zwei stationären Zuständen bedeuten, die den Anfangs-

und Endzustand des Strahlungsprozesses bilden. Umgekehrt kann eine Bestrahlung des Atoms mit elektromagnetischen Wellen dieser Schwingungszahl zu einem Absorptionsprozeß Anlaß geben, durch den das Atom vom letzteren Zustand zum ersteren zurückgeführt wird.

Während das erste Postulat die allgemeine Stabilität der Atome ins Auge faßt, wie sie sich in den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elemente äußert, faßt das zweite Postulat in erster Linie die Existenz von aus scharfen Linien bestehenden Spektren ins Auge. Zugleich bot die in das letztere Postulat eingehende quantentheoretische Beschreibung einen Ausgangspunkt dar für eine Deutung der im Vorausgehenden erwähnten empirischen Gesetze für die Spektren der Elemente. Das allgemeinste dieser Gesetze, das von *Ritz* aufgestellte *Kombinationsprinzip*, sagt aus, daß die Schwingungszahl ν für jede der Linien im Spektrum eines Elementes durch die Formel:

$$\nu = T'' - T'$$

dargestellt werden kann, wo T'' und T' zwei sogenannte „Spektraltermen“ sind, die einer Mannigfaltigkeit von solchen für das betreffende Element charakteristischen Termen angehören.

Gemäß unseren Postulaten wird dieses Gesetz unmittelbar durch die Annahme interpretiert, daß das Spektrum beim Übergang zwischen einer Anzahl stationärer Zustände ausgesandt wird, in denen die numerischen Werte der Energie des Atoms gleich sind den Werten für die Spektraltermen multipliziert mit *Plancks* Konstante. Diese Deutung des Kombinationsprinzips weicht von unserem gewöhnlichen elektrodynamischen Vorstellungen nicht allein dadurch ab, daß wir annehmen, daß kein einfacher Zusammenhang zwischen der Bewegung des Atoms und der emittierten Strahlung besteht, sondern die Abweichung der Betrachtungen von der Grundlage, auf der die gewöhnliche Naturbeschreibung beruht, tritt vielleicht am klarsten zutage, wenn wir daran denken, daß das Auftreten von Spektrallinien, die Kombinationen eines gewissen Spektraltermes mit verschiedenen anderen entsprechen, dahin gedeutet wird, daß die Beschaffenheit der vom Atom emittierten Strahlung nicht allein vom Zustand des Atoms beim Beginn des Strahlungsprozesses abhängig ist, sondern auch vom Zustand, in den das Atom beim Prozeß übergeführt wird. Im ersten Augenblick könnte man vielleicht erwarten, daß die besprochene formale Deutung des Kombinationsprinzips deshalb kaum in Verbindung mit den Aufklärungen über die Bausteine des Atoms gebracht werden könnte, die ja gegründet sind auf mit Hilfe der klassischen mechanischen und elektrodynamischen Gesetze gedeuteten Erfahrungen. Eine nähere Untersuchung hat jedoch gezeigt, daß sich eine enge Verbindung zwischen den verschiedenen Spektren der Elemente und dem Bau der Atome auf Grund der Postulate herstellen ließ.

Das Wasserstoffspektrum.

Von allen Spektren, die wir kennen, zeigt das Wasserstoffspektrum das einfachste Verhalten; die Schwingungszahlen für die Linien dieses Spektrums lassen sich bekanntlich mit großer Genauigkeit durch *Balmers Formel*:

$$\nu = K \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n''^2} \right)$$

darstellen, worin K eine Konstante und n' und n'' zwei ganze Zahlen sind. Im Spektrum begegnen wir also einer einfachen Reihe von Spektraltermen der Form $\frac{K}{n^2}$, die mit steigender Gliednummer n regelmäßig abnehmen. In Übereinstimmung mit den Postulaten müssen wir uns deshalb denken, daß jede der Linien des Wasserstoffspektrums ausgesandt wird durch einen Übergangsprozeß zwischen zwei einer Reihe angehörenden stationären Zuständen des Wasser-

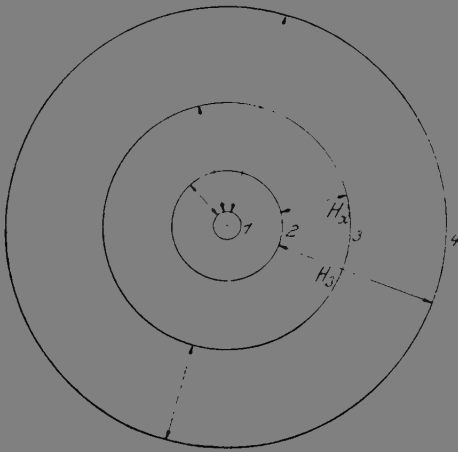


Fig. 2. Schematische Darstellung der stationären Zustände des Wasserstoffatoms.

stoffatoms, in denen der numerische Wert für die Energie des Atoms gleich ist $\frac{hK}{n^2}$. Gemäß unserem Bild vom Atombau besteht nun ein Wasserstoffatom aus einem positiven Kern und einem Elektron, das — sobald die gewöhnlichen mechanischen Vorstellungen angewandt werden können — mit großer Annäherung eine periodische elliptische Bahn mit dem Kern in einem Brennpunkt beschreibt. Wie eine einfache Rechnung zeigt, ist die große Achse der Bahn umgekehrt proportional der Arbeit, die zugeführt werden muß, um das Elektron vollständig vom Kern zu entfernen, und in Verbindung mit dem Obenstehenden müssen wir nun annehmen, daß diese Arbeit in den stationären Zuständen gerade gleich $\frac{hK}{n^2}$ ist. Wir kommen so zu einer Mannigfaltigkeit von stationären Zuständen, für welche die Achse der Elektronenbahn eine Reihe von diskreten Werten annimmt, die dem Quadrat einer ganzen Zahl proportional sind. Die nebenstehende Fig. 2 illustriert diesen Sachverhalt in schematischer

Weise. Der Einfachheit halber sind die Elektronenbahnen in den stationären Zuständen als Kreise dargestellt, während die Theorie in Wirklichkeit der Exzentrizität der Bahnen keine Einschränkung auferlegt, sondern nur die Länge der großen Achse bestimmt. Die Pfeile symbolisieren die Übergangsprozesse, die der roten und grünen Wasserstofflinie H_α und H_β entsprechen, deren Schwingungszahl durch die Balmerformel gegeben ist, wenn wir setzen: $n'' = 2$, $n' = 3$ und 4. Ferner sind die Übergangsprozesse angegeben, die den drei ersten Linien der von *Lyman* 1914 gefundenen Serie von ultravioletten Linien entsprechen, deren Schwingungszahlen durch die Formel gegeben sind, wenn man $n'' = 1$ setzt, sowie auch die erste Linie der ultraroten Serie, die einige Jahre früher von *Paschen* entdeckt wurde und die durch die Formel gegeben ist, wenn man $n'' = 3$ setzt.

Die besprochene Deutung des Wasserstoffspektrums führt in natürlicher Weise dazu, dieses Spektrum als Zeugnis eines Prozesses aufzufassen, durch den das Elektron vom Kern „gebunden“ wird. Während der größte Spektralterm mit der Gliednummer 1 dem Endstadium des Bindungsprozesses entspricht, entsprechen die kleinen Spektraltermen, die zu großen Werten der Gliednummer gehören, stationären Zuständen, die Anfangsstadien des Bindungsprozesses bezeichnen, wo die Bahnen des Elektrons noch große Dimensionen haben, und wo die Arbeit, die geleistet werden muß, um das Elektron vom Kern zu entfernen, noch klein ist. Das Endstadium des Bindungsprozesses können wir als „Normalzustand“ des Atoms bezeichnen, und dieser zeichnet sich vor den anderen stationären Zuständen durch die Eigenschaft aus, daß der Zustand des Atoms gemäß den Postulaten nur durch eine Zufuhr von Energie geändert werden kann, durch die das Elektron in eine einem früheren Stadium des Bindungsprozesses entsprechende Bahn mit größeren Dimensionen übergeführt wird.

Die auf Grund der angegebenen Deutung des Spektrums berechnete Größe der Elektronenbahn im Normalzustand stimmt ungefähr überein mit den Werten für die Größe der Atome der Elemente, die man mit Hilfe der kinetischen Gastheorie aus den Eigenschaften der Gase berechnet hatte. Da wir aber als eine unmittelbare Folge der von den Postulaten geforderten Stabilität der stationären Zustände annehmen müssen, daß die Wechselwirkung zwischen zwei Atomen während eines Zusammenstoßes sich nicht vollständig mit Hilfe der klassischen mechanischen Gesetze beschreiben läßt, kann ein Vergleich zwischen diesen Größen auf der hier beschriebenen Grundlage nicht näher verfolgt werden.

Eine innigere Verbindung zwischen dem Spektrum und dem Atommodell wird indessen durch eine Untersuchung der Bewegung in denjenigen stationären Zuständen erhalten, wo die Gliednummer groß ist, und wo die Größe der

Elektronenbahn sowie ihre Umlaufszahl sich nur verhältnismäßig wenig ändert, wenn wir von einem stationären Zustand zum folgenden gehen. Es konnte nämlich gezeigt werden, daß die Schwingungszahl der Strahlung, die beim Übergang zwischen zwei stationären Zuständen ausgesandt wird, bei denen der Unterschied der Gliednummern klein ist im Verhältnis zur eigenen Größe dieser Nummern, sehr nahe zusammenfällt mit der Schwingungszahl einer der harmonischen Schwingungskomponenten, in welche die Elektronenbewegung aufgelöst werden kann, und also auch mit der Schwingungszahl eines der Wellensysteme in der Strahlung, die gemäß den klassischen elektrodynamischen Gesetzen infolge der Bewegung des Elektrons ausgesandt würde. Die Forderung, daß ein solches Zusammenfallen in der besprochenen Grenze, wo die stationären Zustände relativ nur wenig voneinander abweichen, stattfindet, ist gleichbedeutend damit, daß die Konstante in der Balmerformel durch die Relation ausgedrückt werden kann:

$$K = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3}$$

wo e und m bzw. Ladung und Masse des Elektrons bedeuten, während h Plancks Konstante ist. Diese Relation hat sich tatsächlich als erfüllt erwiesen innerhalb der beträchtlichen Genauigkeit, mit der die Werte der eingehenden Größen e , m und h , besonders nach den schönen Untersuchungen von *Millikan*, bekannt sind.

Dieses Resultat bedeutet nicht nur einen Nachweis einer Verbindung zwischen dem Wasserstoffspektrum und dem Modell für das Wasserstoffatom, die so eng war, wie wir es überhaupt im Hinblick auf die Abweichung der Postulate von den klassischen mechanischen und elektrodynamischen Gesetzen hoffen konnten, sondern gibt zugleich einen Fingerzeig, wie die Quantentheorie trotz des eingreifenden Charakters dieser Abweichung doch als eine natürliche Umbildung der Grundbegriffe der klassischen Elektrodynamik aufgefaßt werden kann. Auf diese bedeutungsvolle Frage werden wir im Folgenden zurückkommen. Zuerst wollen wir darlegen, wie die Erklärung des Wasserstoffspektrums auf Grund der Postulate sich als geeignet erwies, auf verschiedene Weise die Verwandtschaft zwischen den Eigenschaften der verschiedenen Elemente zu beleuchten.

Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Elementen.

Die im Obenstehenden dargelegten Betrachtungen lassen eine unmittelbare Anwendung auf den Prozeß zu, durch den ein Elektron von einem Kern mit willkürlich gegebener Ladung gebunden wird. Die Ausführung der Rechnung führt zu dem Schluß, daß in einem stationären Zustand, der einem gegebenen Wert der Zahl n entspricht, die große Achse der Bahn umgekehrt proportional ist zur Kernladung, während die Arbeit, die zur

Entfernung des Elektrons vom Kern erforderlich ist, direkt proportional ist dem Quadrat der Kernladung. Das Spektrum, das während der Bindung eines Elektrons von einem Kern mit N mal größerer Ladung, als der des Wasserstoffkernes ausgesandt wird, kann daher durch die Formel dargestellt werden:

$$\nu = N^2 K \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Wenn wir in dieser Formel N gleich 2 setzen, erhalten wir ein Spektrum, das eine Linienreihe im sichtbaren Spektralgebiet enthält, die einige Jahre früher in gewissen Sternspektren beobachtet war, und die von *Rydberg* auf Grund der engen Analogie mit den durch die Balmerformel dargestellten Linienreihen dem Wasserstoff zugeschrieben war. Es war niemals geglückt, diese Linien im reinen Wasserstoff zu erzeugen, aber unmittelbar vor der Aufstellung der Theorie des Wasserstoffspektrums war es *Fowler* gelungen, die besprochene Linienreihe dadurch zu beobachten, daß er starke Entladungen durch eine Mischung von Wasserstoff und Helium gehen ließ. Auch dieser Forscher nahm indessen die Linien als Wasserstofflinien an, da man nach den damaligen Erfahrungen nicht darauf vorbereitet war, daß zwei verschiedene Stoffe Eigenschaften zeigen könnten, die eine so große Ähnlichkeit besitzen, wie die, welche das besprochene Spektrum und das Wasserstoffspektrum aufweisen. Auf Grund der Theorie wurde es jedoch klar, daß die beobachteten Linien einem *Heliumspektrum* angehören mußten, das bloß nicht so wie das gewöhnliche Heliumspektrum vom neutralen Atom ausgesandt wird, sondern von einem ionisierten Heliumatom, das ja aus einem einzigen Elektron besteht, das sich um einen Kern mit doppelter Ladung bewegt. Damit war ein neuer Zug in der Verwandtschaft zwischen den Eigenschaften der Elemente zutage getreten, von einer Art, die genau unseren jetzigen Vorstellungen vom Atombau entspricht, nach denen die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Elementes in erster Linie allein durch die elektrische Ladung des Atomkerns bedingt sind.

Bald nach der Aufklärung dieser Frage wurde das Vorhandensein einer allgemeinen Verwandtschaft ähnlicher Art zwischen den Eigenschaften der Elemente an den Tag gebracht durch *Moseleys* wohlbekannte Untersuchungen über die charakteristischen Röntgenspektren der Elemente, die durch *Laues* Entdeckung der Interferenz der Röntgenstrahlen in Kristallen und die darauf fußenden Untersuchungen von *W. H.* und *W. L. Bragg* ermöglicht war. Es zeigte sich nämlich, daß die Röntgenspektren der verschiedenen Elemente einen viel einfacheren Bau und eine viel größere Ähnlichkeit untereinander aufweisen als die optischen Spektren der Elemente, und namentlich zeigte sich, daß die Spektren sich von Element zu Element in einer Weise ändern, die genau der obenstehenden Formel für das Spektrum ent-

spricht, das bei der Bindung eines Elektrons durch einen Kern ausgesandt wird, wenn in dieser Formel N der Atomnummer des betreffenden Elementes gleichgesetzt wird. Ja, diese Formel zeigte

stellung des natürlichen Systems der Elemente angenommen war. Ferner gaben die einfachen Gesetze für die Röntgenspektren eine Bestätigung der allgemeinen theoretischen Vorstellungen, sowohl was den Grundzug des Atombaus betrifft, als in bezug auf die Gesichtspunkte, die der Erklärung der Spektren zugrunde gelegt waren. Die Ähnlichkeit zwischen den Röntgenspektren und dem Spektrum, das bei der Bindung eines einzigen Elektrons durch den Atomkern ausgesandt wird, beruht nämlich einfach darauf, daß es sich bei den Röntgenspektren um Übergänge zwischen stationären Zuständen handelt, die von Änderungen der Bewegung eines Elektrons im inneren Gebiet des Atoms begleitet sind, wo der Einfluß der Anziehung des Kerns überwiegend ist verglichen mit den abstoßenden Kräften von seiten der anderen Elektronen.

Die Verwandtschaft zwischen den anderen Eigenschaften der Elemente ist oft von einem viel mehr verwickelten Charakter, was davon herrührt, daß es sich hier um Prozesse handelt, die Bewegungen der Elektronen in den äußeren Teilen des Atoms betreffen, wo die Kräfte, welche die Elektronen aufeinander ausüben, von derselben Größenordnung sind wie die Anziehung des Kerns.

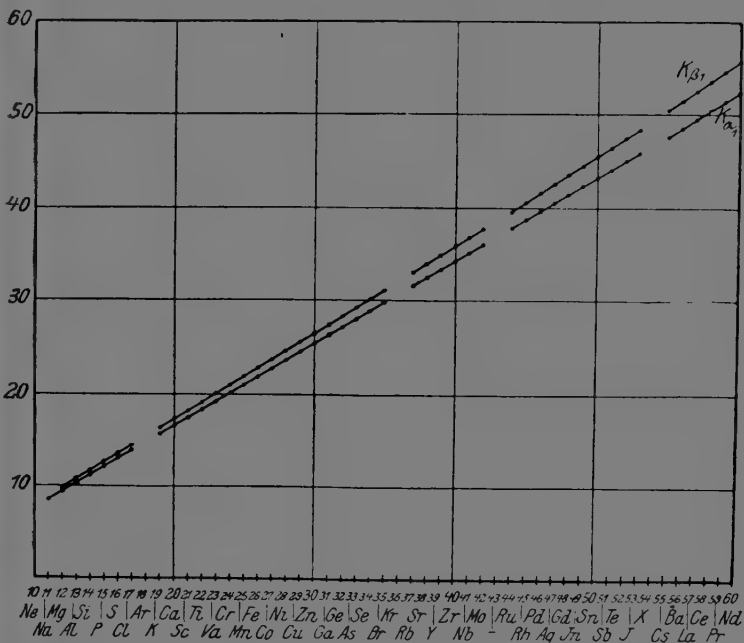


Fig. 3. Die Quadratwurzel aus der Schwingungszahl zweier charakteristischer Röntgenlinien in ihrer Abhängigkeit von der Atomnummer.

sich sogar imstande, mit beträchtlicher Näherung die Schwingungszahlen für die stärksten Röntgenlinien wiederzugeben, wenn man für n' und n'' kleine ganze Zahlen einsetzt. Diese Entdeckung war in vieler Hinsichten von großer Bedeutung. Erstens war die Verwandtschaft zwischen den Röntgenspektren der verschiedenen Elemente so einfach, daß es möglich war, die Atomnummern eindeutig für alle bekannten Elemente festzulegen und dadurch mit Sicherheit die Atomnummern für alle solche bisher unbekannten Elemente vorauszusagen, denen ein Platz im natürlichen System zukommt. In Fig. 3 sind für zwei charakteristische Röntgenlinien der sogenannten K-Gruppe, die das größte Durchdringungsvermögen besitzt, die Quadratwurzeln der Schwingungszahlen in ihrer Abhängigkeit von der Atomnummer dargestellt. Mit sehr großer Näherung liegen die Punkte auf geraden Linien, deren gleichmäßiger Verlauf dadurch bedingt ist, daß bei den für die Atomnummer angesetzten Werten nicht nur auf bekannte Elemente Rücksicht genommen ist, sondern daß, wie wir sehen, überdies zwischen den Elementen Molybdän (42) und Ruthenium (44) ein Platz offen gelassen ist, so wie es auch in Mendelejeffs ursprünglicher Dar-

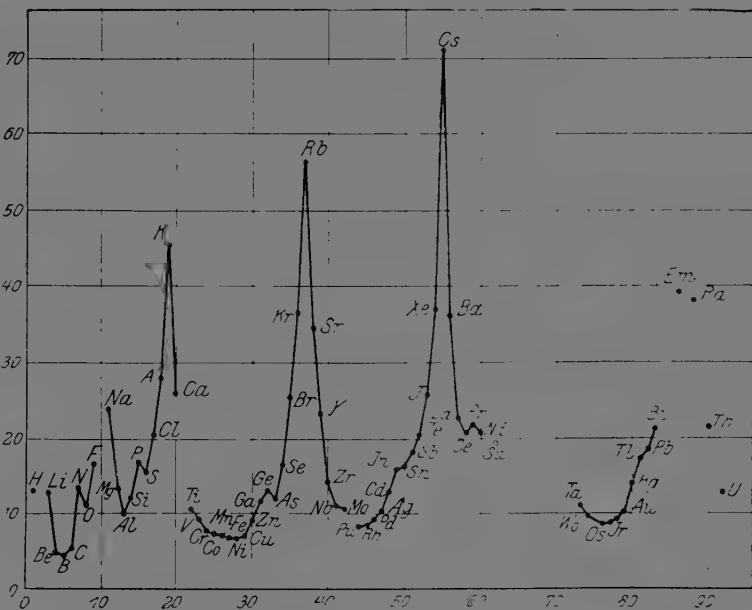


Fig. 4. Abhängigkeit des Atomvolumens der Elemente von der Atomnummer.

nes, und wo deshalb das genauere Wechselspiel der Elektronen im Atom eine entsprechende Rolle spielt.

Ein charakteristisches Beispiel für einen solchen Sachverhalt wird durch die Raumerfüllung der Elemente gegeben. Bekanntlich machte selbst Lothar Meyer auf die eigentümliche periodische

Veränderung aufmerksam, welche das Verhältnis von Atomgewicht und Dichte, das sogenannte Atomvolumen, innerhalb des Systems der Elemente aufweist. Einen Eindruck von dieser Veränderung gibt Fig. 4, in der das Atomvolumen als Funktion der Atomnummer dargestellt ist. Ein größerer Gegensatz als zwischen dieser und der vorigen Figur ist kaum denkbar. Während die Röntgenspektren gleichmäßig mit der Atomnummer variieren, zeigen die Atomvolumina eine ausgesprochen periodische Änderung, die genau der Änderung in den chemischen Eigenschaften der Elemente entspricht, die im natürlichen System der Elemente zum Ausdruck kommt.

Ein ganz ähnlicher Sachverhalt spiegelt sich in den gewöhnlichen optischen Spektren der Elemente wieder. Trotz der großen Verschiedenheiten, die diese Spektren aufweisen, war es hier doch schon vor vielen Jahren *Rydberg* gelungen, einer gewissen allgemeinen Verwandtschaft zwischen dem Wasserstoffspektrum und den Spektren der anderen Elemente nachzuspüren. Obwohl die Spektrallinien der Elemente mit höherer Atomnummer als Kombinationen einer mehr verwickelten Mannigfaltigkeit von Spektraltermen auftreten, die nicht einfach einer Reihe von ganzen Zahlen zugeordnet werden kann, können die Spektraltermen doch in Reihen geordnet werden, von denen jede für sich eine große Ähnlichkeit mit der Termreihe im Wasserstoffspektrum aufweist. Diese Ähnlichkeit zeigt sich darin, daß der empirische Ausdruck für die Terme in jeder Reihe mit großer Genauigkeit in

der Form $\frac{K}{(n + \alpha_k)^2}$ geschrieben werden kann, wo K dieselbe Konstante wie diejenige ist, die im Wasserstoffspektrum auftritt, und die oft *Rydbergs* Konstante genannt wird, während n die Gliednummer und α_k eine für die verschiedenen Reihen verschiedene Konstante ist. Dieses Verwandtschaftsverhältnis zum Wasserstoffspektrum führt uns unmittelbar dazu, die besprochenen Spektren als die letzte Stufe eines Prozesses aufzufassen, durch den das neutrale Atom durch Einfangung und Bindung der Elektronen vom Kern nacheinander gebildet wird. Es ist nämlich klar, daß das zuletzt eingefangene Elektron während der Anfangsstadien des Bindungsprozesses, in denen seine Bahn noch groß ist im Verhältnis zu den Bahnen der früher gebundenen Elektronen, Kräften von seiten des Kerns und dieser Elektronen unterworfen sein wird, die nur wenig abweichen von den Kräften, mit denen das Elektron im Wasserstoffatom während seiner Bewegung in Bahnen von entsprechenden Dimensionen vom Kern angezogen wird.

Während die hier besprochenen Spektren, für welche das *Rydbergsche* Gesetz gilt, von den Elementen bei elektrischen Entladungen unter gewöhnlichen Bedingungen ausgesandt werden und oft als *Bogenspektren* bezeichnet werden, senden die Elemente, wenn sie besonders starken Ent-

ladungen unterworfen werden, die sogenannten *Funkenspektren* aus, bei denen es früher nicht gelungen war, ihre Gesetzmäßigkeiten in entsprechender Weise wie die der *Bogenspektren* zu entwirren. Bald nachdem die obenstehende Deutung der Entstehung des Wasserstoffspektrums aufgestellt war, fand jedoch *Fowler* (1914), daß man empirische Ausdrücke für die Linien der Funkenspektren aufstellen konnte, die ganz dem *Rydbergschen* Gesetz entsprachen, bis auf den Unterschied, daß die Konstante K durch eine viermal so große Konstante ersetzt werden mußte. Da, wie wir gesehen haben, die Konstante, die im Spektrum auftritt, das bei der Bindung eines Elektrons durch den Heliumkern emittiert wird, gerade gleich $4K$ ist, wurde es deshalb klar, daß die Funkenspektren von ionisierten Atomen herrühren, und daß ihre Emission der vorletzten Stufe in der Bildung des neutralen Atoms durch sukzessive Einfangung und Bindung der Elektronen entspricht.

Absorption und Anregung von Spektrallinien.

Die dargelegte Auffassung der Entstehung der Spektren erwies sich ferner als geeignet, eine Erklärung der eigentümlichen Gesetze zu liefern, welche die *Absorptionsspektren* der Elemente beherrschen. Wie schon von *Kirchhoff* und *Bunsen* nachgewiesen wurde, gibt es eine genaue Beziehung zwischen der selektiven Absorption der Elemente für Strahlung und ihren Emissionsspektren, ein Umstand, auf den die Anwendung der Spektralanalyse auf die Himmelskörper wesentlich gegründet ist. Es war indessen vom Standpunkt der klassischen Theorie aus unverständlich, warum die Elemente in Dampfform für gewisse der Linien im Emissionsspektrum Absorption zeigten und für andere nicht. Auf Grund der Postulate werden wir jedoch dazu geführt, anzunehmen, daß Absorption von Strahlung, die einer Spektrallinie entspricht, welche beim Übergang vom stationären Zustand eines Atoms zu einem Zustand mit kleinerer Energie ausgesandt wird, durch die Zurückführung des Atoms vom letztgenannten Zustand zum ersteren unter Energieaufnahme bedingt ist. Wir verstehen deshalb unmittelbar, daß ein Dampf oder Gas unter gewöhnlichen Umständen selektive Absorption nur für solche Spektrallinien zeigt, die bei einem Übergang aus einem Zustand, der einem früheren Stadium des Bindungsprozesses entspricht, in den Normalzustand entstehen. Erst bei höherer Temperatur oder unter dem Einfluß von elektrischen Entladungen, wobei stets eine beträchtliche Anzahl von Atomen aus dem Normalzustand gebracht ist, können wir in Übereinstimmung mit der Erfahrung für andere Linien im Emissionsspektrum Absorption erwarten.

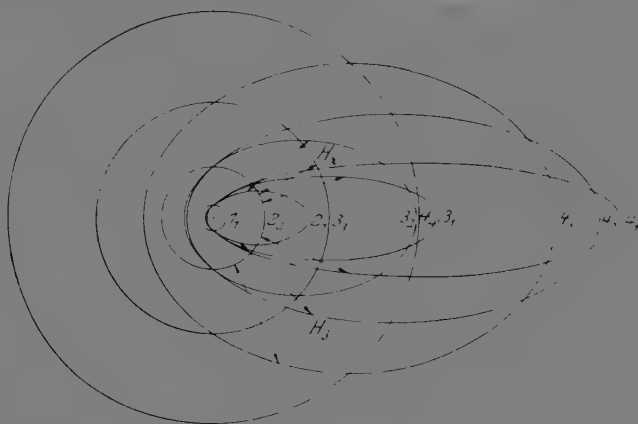
Eine Stütze von sehr direkter Art für unsere Interpretation der Serienspektren auf Grund der Postulate hat man ferner erhalten durch Versuche über die Anregung von Spektrallinien und Ionisation der Atome durch Zusammenstoß mit

freien Elektronen mit gegebenen Geschwindigkeiten. Der entscheidende Fortschritt auf diesem Gebiet wurde durch die wohlbekannten Untersuchungen von *Franck* und *Hertz* (1914) eingeleitet. Es zeigte sich bei diesen Versuchen, daß man durch Elektronenstoß einem Atom nicht eine beliebige Energiemenge zuführen konnte, sondern nur eine solche, die einer Überführung des Atoms aus dem Normalzustand in einen anderen stationären Zustand entspricht, von dessen Existenz uns die Spektren belehren, und dessen Energieinhalt durch die Größe der Spektraltemperatur bestimmt wird. — Weiter bekam man ein schlagendes Zeugnis der Unabhängigkeit der Prozesse, die Anlaß zur Aussendung der verschiedenen Linien des Spektrums geben, wie sie ihnen gemäß den Postulaten zukommen muß, indem direkt gezeigt werden konnte, daß Atome, die auf diese Weise in einen stationären Zustand mit größerer Energie gebracht waren, unter Aussendung von Strahlung, die einer einzigen Spektrallinie entspricht, zum Normalzustand zurückkehren können. Die Fortsetzung der Untersuchungen über Elektronenstoß, an der eine große Zahl von Physikern teilgenommen haben, hat eine in Einzelheiten gehende Bestätigung der näheren Annahmen über die Herkunft der Serienspektren gebracht. Namentlich konnte gezeigt werden, daß für die *Ionisation* von Atomen durch Elektronenstoß eine Energie erforderlich ist, die gerade der Arbeit entspricht, die nach der Theorie notwendig ist, um das zuletzt eingefangene Elektron vom Atom zu entfernen, eine Arbeit, die sich unmittelbar bestimmt als das Produkt von *Plancks* Konstante und dem dem Normalzustand entsprechenden Spektralterm, der nach dem Obenstehenden gerade der Grenzwert der Schwingungszahlen der mit selektiver Absorption verbundenen Spektralserien ist.

Die Quantentheorie mehrfach periodischer Systeme.

Während es so in unmittelbarer Anknüpfung an die Grundpostulate der Quantentheorie möglich war, von gewissen allgemeinen Zügen der Eigenschaften der Elemente Rechenschaft zu geben, war eine genauere Ausbildung der Theorie erforderlich, um eine mehr eingehende Erklärung dieser Eigenschaften zu erreichen. Eine breitere theoretische Grundlage wurde im Laufe der letzten Jahre durch die Entwicklung von formalen Methoden geschaffen, welche die stationären Zustände für Elektronenbewegungen von einem allgemeineren Typus als dem bisher betrachteten festzulegen erlauben. Für eine rein periodische Bewegung, wie wir ihr bei einem einfachen harmonischen Oszillator und wenigstens in erster Näherung bei der Bewegung eines Elektrons um einen positiven Kern begegnen, kann der Mannigfaltigkeit der stationären Zustände einfach eine Reihe von ganzen Zahlen zugeordnet werden. Für Bewegungen des genannten allgemeineren Typus, die sogenannten mehrfach periodischen Bewegungen, bilden jedoch die

stationären Zustände eine mehr zusammengesetzte Mannigfaltigkeit, in der durch die erwähnten formalen Methoden jeder Zustand durch mehrere ganze Zahlen, die sogenannten „Quantenzahlen“, charakterisiert ist. An der Entwicklung der Theorie haben eine große Zahl von Forschern teilgenommen, und die Einführung von mehreren Quantenzahlen kann auf Arbeiten von *Planck* selbst zurückgeführt werden. Dem Anstoß zum entscheidenden Fortschritt in der Atomforschung brachte aber die von *Sommerfeld* (1915) aufgestellte Erklärung der *Feinstruktur*, welche die Wasserstofflinien aufweisen, wenn das Wasserstoffspektrum mit Hilfe von Spektroskopen mit großem Auflösungsvermögen beobachtet wird. Diese Feinstruktur rührt davon her, daß wir es schon im Wasserstoffatom nicht mit einer rein periodischen Bewegung zu tun haben. Infolge der von der Relativitätstheorie geforderten Änderung der Elektronenmasse mit ihrer Geschwin-



einander abweichen, bekommen wir nun für jede Wasserstofflinie, die bestimmten Werten von n' und n'' in der Balmerformel entspricht, eine Anzahl von verschiedenen Übergangsprozessen, für welche die Schwingungszahlen der emittierten Strahlung, nach dem zweiten Postulat berechnet, nicht genau dieselben sind. Wie *Sommerfeld* nachweisen konnte, stimmt das so berechnete Komponentenbild für jede Wasserstofflinie innerhalb der Versuchsgenauigkeit mit den Beobachtungen über die Feinstruktur der Wasserstofflinien überein. In der Figur bedeuten die Pfeile die Übergänge, welche die Komponenten der roten und grünen Linie im Wasserstoffspektrum hervorbringen, deren Schwingungszahlen sich ergeben, wenn man in der Balmerformel $n'' = 2$ und $n' = 3$ bzw. 4 setzt.

Bei der Betrachtung der Figur mag jedoch nicht vergessen werden, daß die Beschreibung der Bahnen unvollständig ist, insofern mit dem benutzten Maßstab die langsame Präzession nicht zum Ausdruck gebracht werden konnte. Diese Präzession ist nämlich so langsam, daß die Elektronen selbst für die Bahnen, die sich am schnellsten drehen, ungefähr 40 000 Umläufe vollführen, bevor das Perihel einen Umlauf vollführt hat. Nichtsdestoweniger ist diese Präzession der einzige Grund für die Beschaffenheit der durch die Nebenquantenzahl charakterisierten Mannigfaltigkeit von stationären Zuständen. Ist zum Beispiel das Wasserstoffatom kleinen äußeren Kräften ausgesetzt, welche die regelmäßige Präzession stören, so wird die Elektronenbahn in den stationären Zuständen ganz andere Formen bekommen als die in der Figur angegebenen. Gleichzeitig wird die Feinstruktur verwischt werden, aber das Wasserstoffspektrum wird stets aus Linien bestehen, die mit großer Näherung durch die Balmerformel gegeben sind, was damit zusammenhängt, daß der angenähert periodische Charakter der Bewegung beibehalten werden wird. Erst wenn die störenden Kräfte so groß sind, daß die Bahnen schon während eines einzigen Umlaufs wesentlich gestört werden, wird das Spektrum bedeutende Änderungen erleiden. Die Ansicht, die man oft dargelegt findet, daß die Einführung von zwei Quantenzahlen eine notwendige Bedingung für eine Erklärung der Balmerformel sei, ist deshalb ein Mißverständnis des Wesens der Theorie.

Sommerfelds Theorie erwies sich nicht nur imstande, von der Feinstruktur der Wasserstofflinien Rechenschaft zu geben, sondern auch von der Feinstruktur der Linien in dem mit dem Wasserstoffspektrum analogen Heliumfunkenpektrum, wo der Abstand zwischen den Linienkomponenten infolge der größeren Geschwindigkeit der Elektronen viel größer ist und mit bedeutend größerer Genauigkeit gemessen werden konnte; ja, es war sogar möglich, von gewissen Zügen in der Feinstruktur der Röntgenspektren Rechenschaft zu geben, bei denen es sich um

Schwingungszahldifferenzen handelt, die Werte erreichen, welche mehr als eine Million mal größer sind als die Werte der Schwingungszahldifferenzen der Komponenten der Wasserstofflinien.

Bald nachdem dieses Resultat gefunden war, gelang es gleichzeitig *Epstein* und *Schwarzschild* (1916), durch entsprechende Betrachtungen in Einzelheiten von den charakteristischen Veränderungen Rechenschaft zu geben, welche die Wasserstofflinien in einem elektrischen Feld erleiden, und die von *Stark* im Jahre 1914 entdeckt wurden. Eine Erklärung für wesentliche Züge des Zeemaneffektes der Wasserstofflinien wurde darauf gleichzeitig von *Sommerfeld* und *Debye* ausgearbeitet (1917). In diesem Falle führte die Anwendung der Postulate zur Konsequenz, daß nur gewisse Orientierungen eines Atoms relativ zum Magnetfeld zugelassen sind, und diese eigentümliche Folgerung der Quantentheorie hat kürzlich (1922) eine sehr direkte Bestätigung erhalten durch den schönen Versuch von *Stern* und *Gerlach* über die Ablenkung von schnell bewegten Silberatomen in einem inhomogenen magnetischen Feld.

Das Korrespondenzprinzip.

Während diese Entwicklung der Spektraltheorie auf der Ausarbeitung von formalen Methoden zur Festlegung von stationären Zuständen beruhte, gelang es dem Vortragenden in der folgenden Zeit, im Zusammenhang mit bedeutungsvollen Arbeiten von *Ehrenfest* und *Ernst*, die Theorie von einem neuen Gesichtspunkt aus zu beleuchten durch die Verfolgung der schon beim Wasserstoffspektrum nachgespürten eigentümlichen formalen Verbindung zwischen der Quantentheorie und der klassischen elektrodynamischen Theorie. Diese Bestrebungen führten zur Aufstellung des sogenannten „Korrespondenzprinzips“, nach dem das Auftreten von mit Ausstrahlung verbundenen Übergängen zwischen stationären Zuständen des Atoms zurückgeführt wird auf die in der Bewegung des Atoms auftretenden harmonischen Schwingungskomponenten, die nach der klassischen Theorie die Beschaffenheit der infolge der Bewegung der Teilchen emittierten Strahlung bedingen. So wird gemäß dem Prinzip angenommen, daß jeder Übergangsprozeß zwischen zwei stationären Zuständen an eine korrespondierende harmonische Schwingungskomponente geknüpft ist, in solcher Weise, daß die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Übergangs von der Amplitude der Schwingung abhängig ist, während die Polarisierung der beim Übergang emittierten Strahlung von der näheren Beschaffenheit der Schwingung bedingt ist, in entsprechender Weise wie die Strahlungsintensität und die Polarisierung in dem Wellensystem, das gemäß der klassischen Theorie von einem Atom als Folge der Anwesenheit der besprochenen Schwingungskomponente emittiert werden würde bzw. durch die Amplitude und die Beschaffenheit der Schwingung bestimmt sein würde.

Mit Hilfe des Korrespondenzprinzips ist es möglich gewesen, die oben erwähnten Resultate zu vertiefen und weiterzuführen. So gelang es, eine vollständige quantentheoretische Erklärung des Zeemaneffektes der Wasserstofflinien zu entwickeln, die trotz des wesensverschiedenen Charakters der Annahmen, die den beiden Theorien zugrunde liegen, doch eine tiefergehende Ähnlichkeit aufweist mit der von Lorentz auf Grund der klassischen Theorie gegebenen Erklärung. Für das Vorkommen des Starkeffektes, dem die klassische Theorie vollständig ratlos gegenüber gestanden war, gelang es mit Hilfe des Korrespondenzprinzips, die quantentheoretische Erklärung weiterzuführen, so daß sie auch eine Rechenschaft für die Polarisation der verschiedenen Komponenten, in welche die Linien aufgespalten werden, sowie für die eigentümliche Intensitätsverteilung, die das Komponentenbild darbietet, umfaßt. Diese letzte Frage wurde von Kramers näher untersucht, und die nebenstehende Figur

an, und ihre Länge ist proportional der relativen Intensität der Komponenten, die von Stark nach der Schwärzung der photographischen Platte beurteilt ist. In der unteren Hälfte ist zum Vergleich nach einer Zeichnung aus Kramers' Abhandlung eine Darstellung der theoretischen Resultate gegeben. Die den Linien hinzugefügten Symbole ($n', -n'$) geben die Übergangsprozesse zwischen den stationären Zuständen des Atoms im elektrischen Feld an, bei denen diese Komponenten emittiert werden. Außer durch die Hauptquantenzahl n sind die stationären Zustände durch eine Nebenquantenzahl s charakterisiert, die sowohl positiv wie negativ sein kann, und die eine ganz andere Bedeutung hat als die Quantenzahl k , die in der Theorie der relativistischen Feinstruktur der Wasserstofflinien auftritt und die Form der Elektronenbahn in ungestörten Atomen bestimmt. Unter dem Einfluß des elektrischen Feldes ist sowohl die Form der Bahn als auch ihre Lage durchgreifenden Änderungen



Fig. 6. Der Starkeffekt der Wasserstofflinien H_α , H_β und H_γ .

wird einen Eindruck davon geben, wie eingehend die Erklärung der in Rede stehenden Erscheinung ist. Fig. 6 stellt eine von Starks wohlbekannten schönen Aufnahmen der Aufspaltung der Wasserstofflinien dar. Das Bild gibt einen starken Eindruck davon, wie reichhaltig die Erscheinung ist, und in welcher eigentümlichen Weise die Intensitäten von Komponente zu Komponente variieren; während die Komponenten zu unterst auf dem Bilde senkrecht zum Feld polarisiert sind, sind die obersten Komponenten parallel zum Feld polarisiert. Fig. 7 gibt eine schematische Darstellung der experimentellen und theoretischen Resultate für die Linie H_γ , deren Schwingungszahl durch die Balmerformel gegeben ist, wenn man $n'' = 2$ und $n' = 5$ setzt. Die vertikalen Linien bezeichnen die Aufspaltungskomponenten, indem das Bild rechts die parallel polarisierten Komponenten wiedergibt und das Bild links die senkrecht polarisierten. Die experimentellen Resultate sind in der oberen Hälfte des Diagramms wiedergegeben. Der Abstand der Linien von der punktierten Linie gibt die gemessene Verschiebung der Komponenten

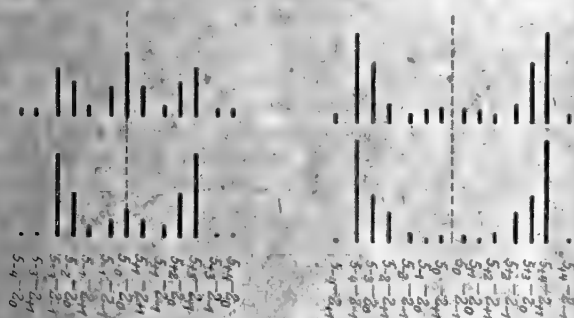


Fig. 7. Das Starkeffekt der Wasserstofflinie H_γ . Vergleich zwischen Beobachtung (oben) und Theorie (unten). p -Komponente, links die s -Komponente.

unterworfen, aber gewisse Bahneigenschaften bleiben unverändert und an deren Beschreibung ist die Nebenquantenzahl s geknüpft. In der Figur entspricht die Lage der Komponenten den für die verschiedenen Übergänge berechneten Schwingungszahlen, und die Länge der Linien ist proportional mit der Wahrscheinlichkeit für die verschiedenen Übergangsprozesse aufgetragen, die auf Grund des Korrespondenzprinzips, das auch die Polarisation der dem Übergängen entsprechenden Strahlung festlegt, geschätzt ist. Man sieht, daß die Theorie alle Hauptzüge der Versuchsergebnisse wiedergibt, und wir können auf Grund des Korrespondenzprinzips sagen, daß der Starkeffekt bis in die kleinsten Einzelheiten die Wirkung abspiegelt, die das elektrische Feld auf die Elektronenbahnen im Wasserstoffatom ausübt, obwohl im Gegensatz zu den Verhältnissen beim Zeemaneffekt die Aufspaltungen in diesem Falle so verwickelt sind, daß man auf Grund der Auffassung der klassischen Theorie vom Ursprung der elektromagnetischen Strahlung kaum direkt die Bewegung wiedererkennen könnte.

Auch für die Serienspektren der Elemente mit

Übersicht über die Elektronengruppen im Normalzustand der Atome der Elemente.

	1 ₁	2 ₁ 2 ₂	3 ₁ 3 ₂ 3 ₃	4 ₁ 4 ₂ 4 ₃ 4 ₄	5 ₁ 5 ₂ 5 ₃ 5 ₄ 5 ₅	6 ₁ 6 ₂ 6 ₃ 6 ₄ 6 ₅ 6 ₆	7 ₁ 7 ₂
1 H	1						
2 He	2						
3 Li	2	1					
4 Be	2	2					
5 B	2	2 (1)					
— —	—	—					
10 Ne	2	4 4					
11 Na	2	4 4	1				
12 Mg	2	4 4	2				
13 Al	2	4 4	2 1				
— —	—	—	—				
18 A	2	4 4	4 4				
19 K	2	4 4	4 4	1			
20 Ca	2	4 4	4 4	2			
21 Sc	2	4 4	4 4 1	(2)			
22 Ti	2	4 4	4 4 2	(2)			
— —	—	—	—	—			
29 Cu	2	4 4	6 6 6	1			
30 Zn	2	4 4	6 6 6	1			
31 Ga	8	4 4	6 6 6	2 1			
— —	—	—	—	—			
36 Kr	2	4 4	6 6 6	4 4			
37 Rb	2	4 4	6 6 6	4 4	1		
38 Sr	2	4 4	6 6 6	4 4	2		
39 Y	2	4 4	6 6 6	4 4 1	(2)		
40 Zr	2	4 4	6 6 6	4 4 2	(2)		
— —	—	—	—	—	—		
47 Ag	2	4 4	6 6 6	6 6 6	1		
48 Cd	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2		
49 In	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2 1		
— —	—	—	—	—	—		
54 X	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4		
55 Cs	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	1	
56 Ba	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	2	
57 La	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4 1	(2)	
58 Ce	2	4 4	6 6 6	6 6 6 1	4 4 1	(2)	
59 Pr	2	4 4	6 6 6	6 6 6 2	4 4 1	(2)	
— —	—	—	—	—	—	—	
71 Cp	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 1	(2)	
72 —	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 2	(2)	
— —	—	—	—	—	—	—	
79 Au	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	1	
80 Hg	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2	
81 Tl	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2 1	
— —	—	—	—	—	—	—	
86 Em	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	
87 —	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	1
88 Ra	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	2
89 Ac	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 1	(2)
90 Th	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 2	(2)
— —	—	—	—	—	—	—	—
118?	2	4 4	6 6 5	8 8 8 8	8 8 8 8	6 6 6	4 4

Figur angedeutet, während ihres Umlaufs in das innere Gebiet ein. Infolge dieses Umstandes werden die Bahnen außerordentlich stark von einer einfachen Keplerbewegung abweichen, indem sie aus einer Reihe von aufeinanderfolgenden äußeren Bahnschlingen bestehen werden, welche dieselbe Größe und Form haben, von denen aber jede relativ zur vorausgehenden um einen bedeutenden Winkel gedreht ist. Diese äußeren Bahnschlingen, von denen in der Figur nur eine einzige gezeichnet ist und von denen jede für sich nahe mit einem Teil einer Keplerellipse zusammenfällt, sind, wie angedeutet, durch eine Reihe von inneren Bahnschlingen von einem verwickelteren Charakter verbunden, in denen die Elektronen sich dem Kern stark nähern. Dies gilt namentlich für die Bahn mit der Nebenquantenzahl 1, die, wie eine nähere Untersuchung zeigt, in der Tat dem Kern näher kommt als irgend eines der früher gebundenen Elektronen. Dieses Eindringen in das innere Gebiet bewirkt, daß, obwohl die betreffenden Elektronenbahnen zum größten Teil in einem Kraftfeld vom selben Charakter wie das den Kern im Wasserstoffatom umgebende Kraftfeld verlaufen, die Stärke, mit der das Elektron in einer gegebenen Bahn vom Atom festgehalten wird, weitaus größer ist als die, mit der das Elektron im Wasserstoffatom in einer Bahn mit derselben Hauptquantenzahl gebunden ist, ebenso wie der Maximalabstand des Elektrons vom Kern während des Umlaufes bedeutend kleiner ist als in einer solchen Bahn im Wasserstoffatom. Wie wir sehen werden, ist dieser Zug bei der Elektronenbindung in den Atomen mit vielen Elektronen wesentlich für das Verständnis der eigentümlichen periodischen Weise, in der die Eigenschaften der Elemente mit der Atomnummer variieren, wie sie im natürlichen System zutage tritt.

In der Tabelle der vorigen Seite ist eine Übersicht über die Resultate gegeben, die der Verfasser betreffend den Bau der Atome der Elemente durch Betrachtungen über die sukzessive Einfangung und Bindung der Elektronen durch den Atomkern erhalten hat. Die neben den verschiedenen Elementen stehende Zahl ist die Atomnummer, welche die gesamte Elektronenzahl im neutralen Atom angibt. Die Zahlen in den verschiedenen Kolonnen geben die Anzahl der Elektronen in den Bahnen an, die den oben angegebenen Werten für die Haupt- und Nebenquantenzahl entsprechen. Nach einer allgemein benützten Bezeichnung wollen wir der Kürze halber eine Bahn mit der Hauptquantenzahl n als eine n -quantige Bahn bezeichnen. Das zuerst gebundene Elektron in jedem Atom bewegt sich in einer Bahn, die dem Normalzustand im Wasserstoffatom entspricht, und die mit der Quantenbezeichnung 1_1 bezeichnet ist. Im Wasserstoffatom gibt es ja nur ein Elektron; aber von den Atomen der anderen Elemente nehmen wir an, daß auch das nächste Elektron in einer solchen einquantigen Bahn vom

Typus 1_1 gebunden wird. Wie die Tabelle angibt, werden die folgenden Elektronen in zweiquantigen Bahnen gebunden. Anfangs resultiert die Bindung in einer 2_1 -Bahn, aber später werden die Elektronen in 2_2 -Bahnen gebunden, bis wir nach der Bindung der ersten zehn Elektronen im Atom eine abgeschlossene Konfiguration von zweiquantigen Bahnen erreicht haben, von der wir annehmen, daß hier 4 Bahnen jeder Art vorhanden sind. Diese Konfiguration treffen wir im neutralen Atom das erste Mal beim Neon, das den Abschluß der zweiten Periode im System der Elemente bildet. Wenn wir weiter gehen, werden die folgenden Elektronen in dreiquantigen Bahnen gebunden, bis wir nach dem Abschluß der dritten Periode im System bei den Elementen der vierten Periode zum erstenmal Elektronen in vierquantigen Bahnen begegnen, usw.

Dieses Bild vom Atombau gibt viele Züge wieder, die bereits in den Arbeiten früherer Verfasser hervorgehoben worden sind. So gehen die Versuche, das natürliche System durch Annahme einer Gruppenteilung der Elektronen im Atom zu erklären, auf *J. J. Thomsons* Arbeiten von 1904 zurück; später ist dieser Gesichtspunkt namentlich von *Kossel* entwickelt worden (1916), der zugleich die Gruppeneinteilung in nahe Verbindung mit den Gesetzmäßigkeiten gebracht hat, welche die Untersuchungen der späteren Jahre über die Röntgenspektren an den Tag gebracht haben. Auch *Lewis* und *Langmuir* haben versucht, von den verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Elemente auf Grund einer Gruppenteilung im Atom Rechenschaft zu geben. Diese Verfasser nehmen jedoch an, daß die Elektronen sich nicht um den Kern bewegen, sondern Gleichgewichtslagen einnehmen. Auf diese Weise kann aber keine nähere Verbindung erzielt werden zwischen den Eigenschaften der Elemente und den experimentellen Resultaten, welche die Bausteine der Atome betreffen. Statische Gleichgewichtskonfigurationen für Elektronen sind nämlich nicht möglich, sobald die Kräfte zwischen den Atomteilchen auch nur näherungsweise die Gesetze erfüllen, die für die Anziehung und Abstoßung von elektrischen Ladungen gelten. Die Möglichkeit einer eingehenden Rechenschaft von den Eigenschaften der Elemente, die auf den letztgenannten Gesetzen basiert ist, ist gerade das charakteristische für das auf der Quantentheorie aufgebaute Bild vom Atombau. Was dieses Bild betrifft, war der Gedanke, die Gruppeneinteilung mit einer Klassifikation der Elektronenbahnen nach steigender Quantenzahl zu verbinden, durch *Moseleys* Entdeckung der Gesetze der Röntgenspektren und durch *Sommerfelds* Arbeiten über die Feinstruktur dieser Spektren nahegelegt. Dies ist namentlich von *Vegard* hervorgehoben worden, der vor einigen Jahren in Verbindung mit Untersuchungen über die Röntgenspektren eine Gruppenteilung der Elektronen in den Atomen der Elemente vorgeschlagen hat,

die in verschiedener Hinsicht eine Ähnlichkeit aufweist mit der in der obenstehenden Tabelle angegebenen. Eine Grundlage für eine nähere Entwicklung des besprochenen Bildes ist jedoch erst in der letzten Zeit geschaffen worden durch ein näheres Studium der Bindungsprozesse der Elektronen im Atom, von denen wir in den optischen Spektren ein experimentelles Zeugnis haben und deren charakteristische Züge namentlich das Korrespondenzprinzip zu beleuchten vermocht hat. Ein wesentlicher Umstand ist hier, daß die Begrenzung im Verlauf der Bindungsprozesse, die sich im Auftreten von mehrquantigen Elektronenbahnen im Normalzustand des Atoms äußert, in natürliche Verbindung gebracht werden kann mit der allgemeinen Bedingung für das Auftreten von Strahlungsprozessen beim Übergang zwischen stationären Zuständen, die durch das genannte Prinzip formuliert wird. Ein anderer wesentlicher Zug bei der Theorie ist der Einfluß auf die Stärke der Bindung und die Dimensionen der Bahnen, der vom Eindringen der später gebundenen Elektronen in das Gebiet der früher gebundenen Elektronen herrührt, und von dem wir ein Beispiel gesehen haben bei der Darlegung des Ursprungs des Kaliumspektrums. Dieser Umstand darf nämlich als die eigentliche Ursache für den ausgesprochen periodischen Wechsel der Eigenschaften der Elemente betrachtet werden, da er mit sich bringt, daß die Atomdimensionen und chemischen Eigenschaften von homologen Stoffen in den verschiedenen Perioden, wie z. B. von den Alkalimetallen, eine weit größere Ähnlichkeit aufweisen, als es ein direkter Vergleich zwischen der Bahn des zuletzt eingefangenen Elektrons und der Bahn mit derselben Quantenzahl im Wasserstoffatom vermuten lassen sollte.

Das dargelegte Ansteigen der Hauptquantenzahl beim zuletzt gebundenen Elektron im Atom, dem wir begegnen, wenn wir in der Reihe der Elemente fortschreiten, gibt ferner ein unmittelbares Verständnis der charakteristischen Abweichungen von der einfachen Periodizität, die das natürliche System aufweist, und die in der Darstellung in Fig. 1 durch Einrahmung von gewissen Elementenreihen in den späteren Perioden des Systems hervorgehoben ist. Das erste Mal begegnen wir einer solchen Abweichung in der vierten Periode, und die Ursache hiervon kann in einfacher Weise durch die Figur über die Bahnen des zuletzt eingefangenen Elektrons beim Kalium erläutert werden, das ja das erste Element in dieser Periode ist. Hier treffen wir zum erstenmal in der Reihe der Elemente den Fall, daß die Hauptquantenzahl der Bahn des zuletzt eingefangenen Elektrons im Normalzustand des Atoms größer ist als in einem der früheren Stadien des Bindungsprozesses. Der Normalzustand entspricht hier einer 4_1 -Bahn, bei der die Bindungsstärke des Elektrons infolge seines Eindringens in das innere Gebiet weitaus stärker ist als bei einer vierquantigen Bahn im Wasserstoffatom, ja sogar stärker

als bei einer zweiquantigen Bahn in diesem Atom. Die Bindungsstärke des Elektrons ist deshalb mehr als doppelt so stark als in den zirkulären 3_1 -Bahnen, die vollständig außerhalb des inneren Gebietes bleiben, und bei denen die Bindungsstärke nur wenig abweicht von der einer dreiquantigen Bahn im Wasserstoffatom. Dieser Sachverhalt wird jedoch nicht geltend bleiben, wenn wir die Bindung des 19. Elektrons bei Stoffen von höherer Atomnummer betrachten, infolge des viel kleineren relativen Unterschiedes zwischen dem Kraftfeld außerhalb und innerhalb des Gebietes der 18 zuerst gebundenen Elektronen. Wie aus einer Untersuchung des Funkenspektrums von Calcium hervorgeht, ist schon hier die Bindungsstärke des Elektrons in der 4_1 -Bahn nur wenig stärker als in der 3_1 -Bahn, und sobald wir zum Scandium kommen, müssen wir annehmen, daß die 3_1 -Bahn die Bahn des 19. Elektrons im Normalzustand darstellen wird, da diese einer stärkeren Bindung entsprechen wird als eine 4_1 -Bahn. Während die Elektronengruppe mit zweiquantigen Bahnen ihren endgültigen Abschluß am Ende der zweiten Periode erreicht hat, kann deshalb die Entwicklung, welche die Elektronengruppe mit dreiquantigen Bahnen im Laufe der dritten Periode erfährt, nur als ein vorläufiger Abschluß bezeichnet werden, und, wie in der Tabelle angegeben, macht diese Elektronengruppe unter Aufnahme von Elektronen in dreiquantigen Bahnen bei den eingerahmten Elementen der 4. Periode eine weitere Entwicklungsstufe durch. Dies bringt neue Verhältnisse mit sich, indem die Entwicklung der Elektronengruppe mit vierquantigen Bahnen sozusagen zum Stillstand kommt, bis die dreiquantige Elektronengruppe ihren endgültigen Abschluß erreicht hat. Obwohl wir noch nicht imstande sind, vom Verlauf der gradweisen Entwicklung der dreiquantigen Elektronengruppe in allen Einzelheiten Rechenschaft zu geben, können wir doch sagen, daß wir auf Grund der Quantentheorie unmittelbar verstehen, daß zum erstenmal in der 4. Periode des Systems der Elemente aufeinanderfolgende Elemente mit Eigenschaften auftreten, die einander so sehr ähnlich sind wie die Eigenschaften der Eisenmetalle, ja, man kann sogar verstehen, warum diese Elemente die wohlbekannten paramagnetischen Eigenschaften zeigen. Ohne nähere Verbindung mit der Quantentheorie ist der Gedanke, die chemischen und magnetischen Eigenschaften der erwähnten Elemente mit der Entwicklung einer inneren Elektronengruppe im Atom in Verbindung zu bringen, im übrigen schon von *Ladenburg* vorgeschlagen worden.

Ich will nicht auf viele weiteren Einzelheiten eingehen, sondern nur bemerken, daß die Verhältnisse, denen wir in der 5. Periode begegnen, eine ganz ähnliche Erklärung wie die Verhältnisse in der 4. Periode erhalten, indem die Eigenschaften der eingerahmten Elemente in dieser Periode, wie aus der Tabelle hervorgeht, auf einer Entwick-

Entwicklungsstufe der vierquantigen Elektronengruppe beruhen, die durch die Aufnahme von Elektronen in 4-Bahnen eingeleitet wird. In der 6. Periode dagegen begegnen wir neuen Verhältnissen. In dieser Periode begegnen wir nicht nur einer Entwicklungsstufe der Elektronengruppen mit 5- und 6quantigen Bahnen, sondern zugleich auch dem endgültigen Abschluß der Entwicklung der 4quantigen Elektronengruppe, der durch das erste Auftreten von Elektronenbahnen des 4-Typus im Normalzustand des Atoms eingeleitet wird. Diese Entwicklung kommt in charakteristischer Weise zum Ausdruck im Auftreten der eigentümlichen Familie von Elementen, der wir in der 6. Periode begegnen, und die als die seltenen Erden bezeichnet wird. Diese Elemente zeigen bekanntlich in ihren chemischen Eigenschaften eine noch weit größere Verwandtschaft zueinander als die Elemente in der Familie der Eisenmetalle, was davon herrührt, daß wir es hier mit der Entwicklung einer Elektronengruppe zu tun haben, die tiefer im Atom liegt. Es ist von Interesse zu bemerken, daß die Theorie auch auf natürliche Weise davon Rechenschaft geben kann, daß diese Elemente, die einander in so vieler Hinsicht ähnlich sind, doch starke Verschiedenheiten in ihren magnetischen Eigenschaften zeigen. Der Gedanke, daß das Auftreten der seltenen Erden von der Entwicklung einer inneren Elektronengruppe im Atom herrührt, ist von verschiedenen Seiten vorgeschlagen worden. So wurde er von Vegard ausgesprochen und gleichzeitig mit der Arbeit des Vortragenden ist dieser Gedanke im Zusammenhang mit Langmuirs statischem Atommodell von Bury näher verfolgt worden in Verbindung mit Betrachtungen über den systematischen Zusammenhang zwischen den chemischen Eigenschaften und der Gruppenteilung in den Atomen. Während jedoch bisher keine theoretische Begründung für eine solche Entwicklung einer inneren Elektronengruppe gegeben werden konnte, sehen wir, wie die nähere Entwicklung der Quantentheorie eine so ungezwungene Erklärung davon gibt, daß es kaum eine Übertreibung ist, zu sagen, daß, falls das Vorhandensein der seltenen Erden nicht längst durch direkte chemische Untersuchungen festgestellt wäre, das Auftreten einer Elementenfamilie von diesem Charakter innerhalb der 6. Periode des natürlichen Systems der Elemente theoretisch hätte vorausgesetzt werden können.

Wenn wir zur 7. Periode des Systems kommen, begegnen wir zum erstenmal siebenquantigen Bahnen, und wir müssen erwarten, innerhalb dieser Periode im wesentlichen gleiche Verhältnisse zu finden wie in der 6. Periode, indem vor der ersten Stufe in der Entwicklung der siebenquantigen Bahnen weitere Entwicklungsstufen in den Gruppen mit 6- und 5-quantigen Bahnen erwartet werden müssen. Man konnte jedoch nicht eine direkte Bestätigung dieser Erwartung erhalten, da nur wenige Elemente am Beginn der 7. Pe-

riode bekannt sind, was, wie man annehmen muß, mit der Instabilität der Kerne mit großer Ladung zusammenhängt, die sich in der bei den Elementen mit höherer Atomnummer vorherrschenden Radioaktivität äußert.

Röntgenspektren und Atombau.

Bei der Besprechung der Vorstellungen von der Atomstruktur haben wir bisher das Hauptgewicht auf die Bildung der Atome durch sukzessive Einfangung der Elektronen gelegt. Die Darstellung wäre jedoch sehr unvollständig ohne einen Hinweis auf die Stütze für die Theorie, welche die Untersuchungen über die Röntgenspektren bieten. Seit dem Abbruch von Moseleys grundlegenden Untersuchungen durch seinen allzufrühen Tod ist das Studium dieser Spektren in bewunderungswerter Weise von Professor Siegbahn in Lund weitergeführt worden. Auf Grund des von ihm und seinen Mitarbeitern geschaffenen großen Materials ist es in letzter Zeit gelungen, eine Klassifikation der Röntgenspektren zu erreichen, die auf Grund der Quantentheorie eine unmittelbare Interpretation zuläßt und zu deren Aufstellung die oben erwähnten Arbeiten von Kossel und Sommerfeld wesentlich beigetragen haben. Erstens ist es möglich gewesen, analog wie bei den optischen Spektren die Schwingungszahl für jede der Linien eines Röntgenspektrums darzustellen als Differenz von zweien unter einer Mannigfaltigkeit von Spektraltermen, die für das betreffende Element charakteristisch sind. Sodann wird eine direkte Verbindung mit der Atomtheorie auf Grund der Annahme erreicht, daß jeder dieser Spektralterm, mit Plancks Konstante multipliziert, gleich ist der Arbeit, die dem Atom zugeführt werden muß, um eines der inneren Elektronen zu entfernen. Die Entfernung eines der inneren Elektronen vom vollständigen Atom wird nämlich in Übereinstimmung mit den obigen Betrachtungen über die Bildung des Atoms durch Einfangung von Elektronen zu Übergangsprozessen Anlaß geben, bei denen der Platz des entfernten Elektrons von einem Elektron eingenommen wird, das einer der loser gebundenen Elektronengruppen des Atoms angehört, mit dem Resultat, daß nach dem Übergang ein Elektron in der letzteren Gruppe fehlt. Die Röntgenlinien müssen also als Zeugnis eines Prozesses angesehen werden, bei dem das Atom eine auf eine Störung in seinem Inneren folgende Reorganisation erfährt. Gemäß unseren Anschauungen über die Stabilität der Elektronenkonfiguration muß eine solche Störung in einer vollständigen Entfernung von Elektronen vom Atom bestehen oder wenigstens in ihrer Überführung von ihren normalen Bahnen in Bahnen mit höheren Quantenzahlen als diejenigen der vollständigen Gruppen; ein Umstand, der klar zutage tritt in dem charakteristischen Unterschied zwischen der selektiven Absorption im Röntgengebiet und derjenigen im optischen Spektralgebiet.

Die erwähnte Klassifikation der Röntgenspektren hat es kürzlich ermöglicht, mittels einer genaueren Untersuchung der Weise, in der sich die in den Röntgenspektren auftretenden Terme mit der Atomnummer ändern, eine sehr direkte Bestätigung einiger theoretischen Schlüsse über den Atombau zu erhalten. In Fig. 9 sind die Abszissen die Atomnummern, und die Ordinaten sind proportional den Quadratwurzeln der Spektraltermine, während die Symbole K , L , M , N , O bei den einzelnen Termen sich auf die charakteristischen Diskontinuitäten in der selektiven Ab-

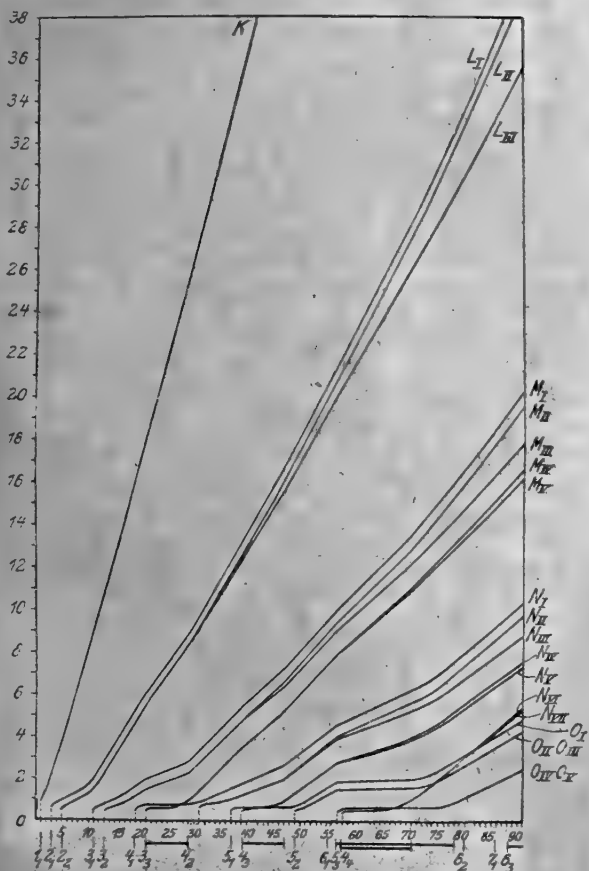


Fig. 9. Die Quadratwurzel der Spektraltermen der Röntgenspektren in ihrer Abhängigkeit von der Atomnummer.

sorption der Elemente für Röntgenstrahlen beziehen, die ursprünglich von *Barkla* entdeckt wurden, noch bevor man in der Interferenz der Röntgenstrahlen in Kristallen ein Mittel zur näheren Untersuchung der Röntgenspektren besaß.

Obwohl die Kurven im allgemeinen sehr gleichmäßig verlaufen, weisen sie eine Anzahl von Abweichungen vom gleichförmigen Verlauf auf, die besonders durch die neuen Untersuchungen von *Coster*, an den Tag gebracht wurden, der während einiger Jahre in *Siegbahns* Laboratorium gearbeitet hat. Diese Abweichungen, deren Existenz erst nach der Veröffentlichung der oben besprochenen Theorie des Atombaues entdeckt

wurde, entsprechen genau dem, was man nach der Theorie erwarten mußte. Am Fuß der Figur ist durch senkrechte Striche angegeben, wo man nach der Theorie zum erstenmal erwarten soll, daß im Normalzustand des Atoms n_k -Bahnen des angegebenen Typus auftreten. Wir sehen, wie es möglich gewesen ist, das Auftreten eines Spektralterms an die Anwesenheit eines Elektrons zu knüpfen, das sich in einer Bahn von bestimmtem Typus bewegt, und dessen Entfernung aus dem Atom der betreffende Term entspricht. Daß im allgemeinen jedem Bahntypus n_k mehr als eine Kurve entspricht, ist der Ausdruck für eine Komplikation in den Spektren, auf die einzugehen hier zu weit führen würde, und die den Abweichungen der Elektronenbahnen vom früher beschriebenen einfachen Bewegungstypus zugeschrieben werden muß, die von der Wechselwirkung der verschiedenen Elektronen innerhalb derselben Gruppe herrühren. Die Intervalle im System der Elemente, in denen infolge der Aufnahme von Elektronenbahnen gewisser Typen im Atom eine weitere Entwicklung einer inneren Elektronengruppe stattfindet, sind in der Figur durch die horizontalen Linien angegeben, die von den mit dem zugehörigen Quantensymbol bezeichneten vertikalen Strichen ausgehen. Wir sehen, wie sich eine solche Entwicklung einer inneren Gruppe überall in charakteristischer Weise in den Kurven abspiegelt. Namentlich darf der Verlauf der N- und O-Kurven als ein direktes Zeugnis desjenigen Entwicklungsstadiums der Elektronengruppe mit 4-quantigen Bahnen betrachtet werden, das die Ursache des Auftretens der seltenen Erden ist. Obwohl der Umstand, daß die komplizierten verwandtschaftlichen Beziehungen, welche die meisten anderen Eigenschaften der Elemente aufweisen, sich bei den Röntgenspektren scheinbar gar nicht geltend machen, der typische und wichtige Zug von *Moseleys* Entdeckung war, erkennen wir also jetzt dank dem Fortschritt der letzten Jahre einen innigen Zusammenhang zwischen den Röntgenspektren und den allgemeinen verwandtschaftlichen Beziehungen der Elemente innerhalb des natürlichen Systems.

Bevor ich diesen Vortrag abschlieÙe, möchte ich gern noch einen Punkt nennen, wo die röntgenspektroskopischen Untersuchungen die Theorie gestützt haben. Es handelt sich um die Eigenschaften des bisher unbekannten Elementes mit der Atomnummer 72. In dieser Frage waren die Meinungen geteilt hinsichtlich der Schlüsse, die aus den Verwandtschaftsbeziehungen im natürlichen System gezogen werden können, und in vielen Darstellungen des Systems ist diesem Element eine Stelle innerhalb der Familie der seltenen Erden angewiesen. Schon in *Julius Thomsons* Darstellung des periodischen Systems war aber in ähnlicher Weise wie in unserer Darstellung in Fig. 1 eine zu Titan und Zirkon homologe Stellung des hypothetischen Elements ange-

geben. Die Annahme einer solchen Verwandtschaftsbeziehung kommt ebenso zum Ausdruck in dem in der Übersicht über die Klassifikation der Elektronenbahnen in den Atomen der verschiedenen Elemente auf S. 619 angegebenen Aufbau des Stoffes mit der Atomnummer 72. Ein entsprechender Schluß wurde auch von *Bury* gezogen auf Grund seiner obengenannten Betrachtungen über den systematischen Zusammenhang zwischen der Gruppenteilung der Elektronen im Atom und den Eigenschaften der Elemente. Vor einem halben Jahr wurde jedoch eine Mitteilung von *Dauvillier* veröffentlicht über die Beobachtung von einigen schwachen Linien im Röntgenspektrum eines seltenen Erden enthaltenden Präparats, die einem Element mit der Atomnummer 72 zugeschrieben wurden, von dem angenommen wurde, daß es identisch sei mit einem Element der Familie der seltenen Erden, dessen Vorhandensein in dem genannten Präparat schon vor mehreren Jahren von *Urbain* vermutet worden war. Diese Mitteilung mußte natürlich erst zu Zweifeln betreffend die Einzelheiten der theoretischen Schlüsse Anlaß geben. Eine erneute Untersuchung zeigte jedoch, daß die Annahme, das Element mit der Atomnummer 72 wies entsprechende chemische Eigenschaften auf wie die seltenen Erden, eine Änderung in der Festigkeit der Elektronenbindung mit der Atomnummer fordern würde, die mit den allgemeinen Forderungen der Quantentheorie unvereinbar scheint. Unter diesen Umständen, haben ganz kürzlich Dr. *Coster* und Professor *Hevesy*, die sich beide zurzeit in Kopenhagen aufhalten, die Frage aufgenommen durch eine Prüfung von aus zirkonhaltigen Materialien hergestellten Präparaten durch röntgenspektroskopische Untersuchungen, und ich kann mitteilen, daß die genannten Forscher gerade in diesen Tagen das Vorhandensein von bedeutenden Mengen eines Elementes mit der Atomnummer 72 in den untersuchten Mineralen konstatieren konnten, dessen chemische Eigenschaften eine nahe Verwandtschaft zu denen des Zirkons und einen wesentlichen Unterschied von denen der seltenen Erden zeigen¹⁾.

¹⁾ Zusatz nach dem Vortrag: Betreffend die Resultate der Fortsetzung der Untersuchung von *Coster* und *Hevesy* über das neue Element, für das sie den Namen Hafnium vorgeschlagen haben, sei auf die Note dieser Verfasser in Die Naturwissenschaften, 23. Februar 1923, verwiesen.

Ich hoffe, daß es mir gelungen ist, Ihnen durch diesen Bericht einen Überblick über die wichtigsten Resultate zu geben, die in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Atomtheorie erzielt wurden, und ich will gerne am Schlusse noch einige Bemerkungen allgemeiner Art hinzufügen betreffend die Gesichtspunkte, von denen aus die gefundenen Resultate beurteilt werden müssen, und namentlich die Frage, inwiefern bei diesen Resultaten von einer Erklärung im gewöhnlichen Sinn des Wortes die Rede sein kann. Unter einer theoretischen Erklärung von Naturerscheinungen wird man wohl im allgemeinen eine Klassifikation eines gewissen Beobachtungsgebietes mit Hilfe von Analogien verstehen, die von anderen Beobachtungsgebieten geholt sind, wo man es vermeintlich mit einfachen Erscheinungen zu tun hat; und das meiste, was man von einer Theorie verlangen kann, ist, daß diese Klassifikation so weit getrieben werden kann, daß sie zu einer Erweiterung des Beobachtungsgebietes durch die Voraussage von neuen Phänomenen beitragen kann. Wenn wir die Atomtheorie betrachten, befinden wir uns in der eigentümlichen Stellung, daß einerseits nicht von einer Erklärung in dem genannten Sinne die Rede sein kann, da es sich ja gerade um Erscheinungen handelt, die der Natur der Sache nach einfacher sind als die irgend eines anderen Beobachtungsgebietes, wo wir immer mit Phänomenen zu tun haben, die durch die Zusammenwirkung einer großen Zahl von Atomen bedingt sind. Wir sind deshalb genötigt, in unseren Forderungen bescheidener zu sein und uns mit Vorstellungen zu begnügen, die formal sind in dem Sinne, daß sie nicht eine Anschaulichkeit von der Art besitzen, die man von den Vorstellungen zu verlangen gewohnt ist, mit denen naturwissenschaftliche Theorien operieren. Nicht am wenigsten mit Rücksicht hierauf habe ich Ihnen einen Eindruck davon zu geben gesucht, daß die Resultate andererseits wenigstens in einem gewissen Grad die Erwartungen erfüllen, die an jede Theorie gestellt werden müssen, indem ich zu zeigen versucht habe, wie die Entwicklung der Atomtheorie dazu beigetragen hat, ausgedehnte Beobachtungsgebiete zu klassifizieren, und durch Voraussagen den Weg für die Vervollständigung dieser Klassifikation gewiesen hat. Doch wird es kaum notwendig sein, zu betonen, in wie hohem Grade die Theorie sich noch in einem Anfangsstadium befindet und wieviele Grundfragen vorhanden sind, die noch ihrer Beantwortung harren.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 28. (Seite 625—640)

13. Juli 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Atmungsregulation und Reaktionsregulation. Von *Hans Winterstein, Rostock*. S. 625.

Über einige Probleme der marinen Tiergeographie. Von *Hjalmar Broch, Dröbak*. S. 630.

Über die „Sprache“ der Bienen. Eine tierpsychologische Untersuchung. S. 633.

Besprechung:

Plate, L. Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. 1. Teil. Von *P. Buchner, München*. S. 635.

Kühn, Alfred. Grundriß der allgemeinen Zoologie für Studierende. Von *P. Buchner, München*. S. 636.

Nierstrasz, H. F., und G. Chr. Hirsch. Anleitung zu makroskopisch-zoologischen Übungen. Heft 1. Wirbellose Tiere. Von *E. Söffert, Berlin-Dahlem*. S. 636.

Goldschmidt, Richard, Einführung in die Vererbungswissenschaft. 4. Auflage. Aus dem Vorwort. S. 636.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Neuere Beiträge zur Kenntnis der Bandenspektren. Von *R. Mecke, Bonn*. S. 637.

Über den Nachweis magneto-optischer Effekte in schwächsten Magnetfeldern. Von *W. Gerlach und W. Schütz, Frankfurt a. M.* S. 637.

Zur Kenntnis des Kombinationsprinzips. Von *F. Paschen, Tübingen*. S. 638.

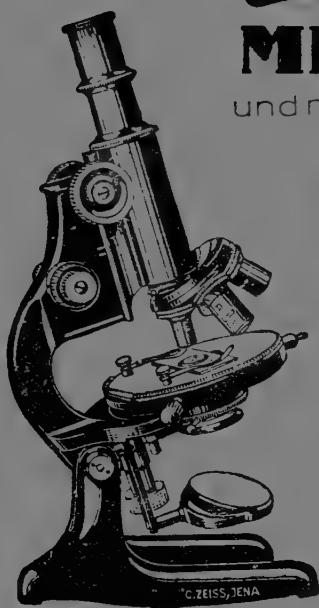
Erwiderung. Von *C. Runge, Göttingen*. S. 640.

Zur Hydrodynamik der Infusorien. Von *L. Prandtl, Göttingen*. S. 640.

ZEISS

MIKROSKOPE

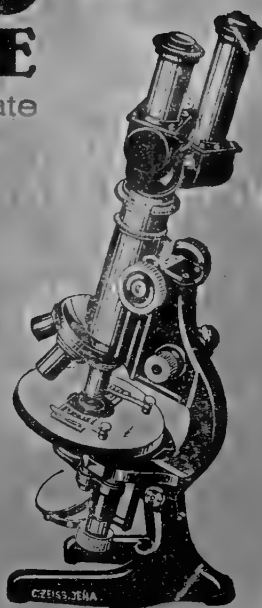
und mikroskopische Hilfsapparate



Lupen
Projektionsapparate
Epidiaskope
Photo-Objektive

usw.

Druckschriften auf
Wunsch kostenfrei



Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 8000.— M. für Juli 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 2500.—.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.) 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,85 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt. Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 5. Juli 1923: 12 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Der Juli-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 8000.— zuzüglich Porto für direkte Zustellung unter Streifband, bzw. Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise bleiben wie bisher.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9.

Sternatlas

Nach d. 4. Aufl. v. Littrows Atlas d. gestirnten Himmels vollst. neu bearb. v. Fr. Becker Geb. GZ. 8—

Hevelius

Handbuch f. Freunde d. Astronomie u. kosm. Physik. Herausg. v. Prof. Dr. Plafmann ... GZ. 12.—, geb. 15.—

GZ. × Entwertungszahl (freibl., z. Z. 5000) = Preis.

Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68. Postscheck 145.

Voigt & Hochgesang Göttingen

**Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.**

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Aerzte hat beschlossen, die Frist für die Einreichung von Gesuchen um Verleihung der Erträge der Stiftungen der Gesellschaft bis zum 20. Juli 1923 zu verlängern. Die Gesuche sind einzureichen an die Adressen des ständigen Sekretärs, Prof. Dr. B. Rassow, Leipzig, Nürnberger Straße 48.

Wissenschaftliche Zeitschriften

besonders aus den Gebieten

Chemie, Medizin und Naturwissenschaften

in kompletten Exemplaren und größeren Reihen (evtl. auch Einzelbände)

kauft

jederzeit und zahlt höchste Preise

L. FRANZ & CO.

Buchhandlung und Antiquariat für Zeitschriftenliteratur

Postschließfach 40

Leipzig-Lindenau, Henriettenstraße 10

Postschließfach 40

Atmungsregulation und Reaktionsregulation.

Von Hans Winterstein, Rostock.

Der Organismus ist ein System von Regulationen. „Die Ursache jeden Bedürfnisses eines lebendigen Wesens ist zugleich die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses“, lautet *Pflügers* berühmtes Bekenntnis zur teleologischen Mechanik. Aber diese Ausdrucksweise ist unnötig und fördert die Erkenntnis nicht gegenüber der Feststellung des einfachen Tatbestandes. Seines vitalistischen Schmuckgewandes entkleidet, würde der Satz lauten: „Eine jede Störung des dynamischen Gleichgewichtszustandes des Organismus setzt Mechanismen in Gang, die diese Störung beseitigen.“ Das ist eine nackte und unbestreitbare Tatsache, unabhängig von jeder mechanistischen oder vitalistischen Einstellung. Betrachten wir den Organismus so, wie er nun einmal ist, als den „Zweck“ seines Daseins, dann können wir alle Mechanismen, die die Erhaltung oder Wiedererlangung dieses vorgefundenen Zustandes bewirken, als „zweckmäßig“ bezeichnen¹⁾.

Unter diesen Regulationsmechanismen haben in den letzten 1½ Jahrzehnten in ständig wachsendem Maße jene die Aufmerksamkeit der Physiologen und Pathologen auf sich gelenkt, die wir im Organismus im Dienste der Erhaltung einer bestimmten Reaktion, eines bestimmten Säure-Basen-Gleichgewichtes entwickelt finden. Sie sind auf das engste verknüpft mit dem schon seit alten Zeiten viel studierten Mechanismus der Atmungsregulation, mit dem wir uns daher zunächst beschäftigen müssen.

Die Atmungsregulation ist zweifacher Art, nervöser und chemischer Natur. Die nervöse Regulation, d. h. die Beeinflussung der Tiefe und Frequenz der Atembewegungen durch Nervenimpulse, die aus der Peripherie des Körpers stammen, gipfelt im wesentlichen in der von *Hering* und *Breuer* entdeckten „Selbststeuerung der Atmung“ durch die Nervi Vagi. Aber diese nervöse Regulation ist nur ein Hilfsmechanismus, sie trifft sozusagen nicht den Kern der Sache; sie ist nur ein Mittel, um die erforderliche Anpassung der Lungendurchlüftung in einer möglichst bequemen und vorteilhaften Weise durchzuführen, während sie anderenfalls unpraktisch und unzulänglich, mit einem viel zu großen Aufwand an Energie erfolgt; aber sie findet auch ohne Nerveneinfluß statt. Wir

wollen uns daher auf die Betrachtung der chemischen Regulierung der Atmung beschränken.

1. Die chemische Regulierung der Atmung.

Die äußere Atmung, d. i. die Durchlüftung der Lunge durch geeignete Bewegungen des Zwerchfells und der Brustmuskeln, hat die Aufgabe, den Organismus mit Sauerstoff zu versorgen und die ständig in den Geweben gebildete Kohlensäure herauszubefördern. Eine Störung dieser Funktion veranlaßt eine Änderung des Atmungsmechanismus, die mit mehr oder minder großem Erfolg auf eine Beseitigung der Störung hinwirkt. Die am häufigsten zu beobachtende und am leichtesten zu erzielende Störung ist O₂-Mangel und CO₂-Anhäufung, wie sie bei jeder Belinderung der Lungenventilation durch Verengerung oder Zusehnürung der Luftwege, bei krankhaften Veränderungen des Lungengewebes oder des Kreislaufsapparates, bei längerem Aufenthalt in einem kleinen abgeschlossenen Raum u. dgl. eintreten können. Die Reaktion auf diese Funktionsstörung besteht in einer Steigerung der Lungendurchlüftung, die man *Dyspnoe* genannt hat, offenbar, um das peinliche subjektive Gefühl zu kennzeichnen, das mit diesem an sich offenkundig höchst „zweckmäßigen“ Vorgang verbunden zu sein pflegt. Wir wollen diese auf subjektive Wertung sich gründende und nur für die stärkeren Grade zutreffende Bezeichnung durch den rein sachlichen Ausdruck *Hyperpnoe* ersetzen, unter dem jede über das gewöhnliche Maß hinausgehende Durchlüftung der Lunge verstanden werden soll, und der als *Hypopnoe* eine Verminderung derselben unter die Norm gegenübersteht, deren höchster Grad von einem völligen (natürlich nur vorübergehenden) Stillstand der Atmung, einer *Apnoe*, dargestellt wird.

Seitdem *Pflüger*, dem wir auch auf diesem Gebiete die grundlegenden Kenntnisse verdanken, mit seinen Schülern in den sechziger Jahren den Nachweis geliefert hatte, daß sowohl O₂-Mangel als CO₂-Anhäufung, jedes für sich allein, eine Hyperpnoe herbeizuführen vermögen, ist die Frage, welcher von diesen beiden Faktoren den normalen Regulator der Atmung darstelle, Gegenstand zahlreicher Kontroversen gewesen.

Die ausgezeichneten Untersuchungen *Haldanes* und seiner Mitarbeiter²⁾ haben schließlich

¹⁾ Näheres s. bei *H. Winterstein*, Causalität und Vitalismus vom Standpunkt der Denkökonomie, J. F. Bergmann, 1919.

²⁾ Vgl. die zusammenfassende Darstellung von *Douglas* in *Ergebnisse d. Physiol.* 14, 338 (1914).

zu dem Ergebnis geführt, daß unter gewöhnlichen Bedingungen die CO_2 -Spannung des Blutes als Regulator der Atmung betrachtet werden muß, daß aber unter den Bedingungen des O_2 -Mangels, wie er etwa beim Aufenthalt in der verdünnten Luft des Hochgebirges oder einer pneumatischen Kammer oder bei angestrenzter Muskelarbeit auftritt, auch diesem Faktor eine wesentliche Bedeutung zukommt, da eine Hyperpnoe dann schon bei viel niedrigerem CO_2 -Druck zur Beobachtung kommt. Mit diesen Erfahrungen über Hyperpnoe standen auch jene über die Erzeugung einer Apnoe, also einer vorübergehenden völligen Einstellung der Atmung, gut in Einklang, wie sie bei übermäßiger Lungendurchlüftung (sei es willkürlich beim Menschen, sei es infolge lebhafter künstlicher Atmung im Tierexperiment) leicht zu erzielen ist. Daß hierbei den etwa mit spielenden nervösen Hemmungsimpulsen nur eine sekundäre Bedeutung zukommen kann, ergab sich in besonders anschaulicher Weise aus einem ingeniösen Experiment von *Fredericq*, der die zum Kopf führenden Blutgefäße zweier Tiere kreuzweise miteinander in Verbindung setzte und dann bei Behinderung der Atmung des einen Tieres Hyperpnoe beim anderen, und bei forcierter Durchlüftung der Lunge des einen Tieres Atemstillstand bei dem anderen eintreten sah, was offenbar nur durch die veränderte Beschaffenheit des sein Atemzentrum umspülenden Blutes bedingt sein konnte. Und zwar muß für das Erlöschen der Atmungstätigkeit nicht die (nur sehr geringfügige) Erhöhung der O_2 -Spannung des Blutes, sondern die Verminderung seines CO_2 -Druckes maßgebend sein, da die gewöhnliche Einatmung reinen Sauerstoffs trotz einer sehr viel größeren Steigerung des O_2 -Druckes niemals zu einer Apnoe führt, während eine solche durch übermäßige Ventilation der Lungen auch mit einem O_2 -armen, ja sogar O_2 -freien Gasgemisch erzielt werden kann.

Die Gleichartigkeit der Wirkungen einer Steigerung des CO_2 -Druckes und einer Verminderung der O_2 -Spannung des Blutes hatte schon seit langem das Bestreben gezeitigt, beide auf eine einheitliche Ursache zurückzuführen, ein Bestreben, das jedoch meist in der (zuerst schon von *Hermann* im Jahre 1870 gemachten) Annahme gipfelte, daß der eine der beiden Faktoren, also z. B. die Kohlensäure, den „allein wirksamen Atemreiz“ darstelle, die „Erregbarkeit des Atemzentrums“ für diesen Reiz aber durch den anderen Faktor, also den O_2 -Mangel, verändert werde. Bei näherer Überlegung liegt es auf der Hand, daß diese und alle ähnlichen „Zurückführungen auf eine einheitliche Ursache“ Selbsttäuschungen sind, da es sich einfach um eine Umschreibung der Mitwirkung beider Momente handelt.

Ehe wir den zum Ziele führenden Weg beschreiten, müssen wir die Frage aufwerfen, wieso denn überhaupt der „Mangel eines Stoffes“ eine

„erregende“ Wirkung ausüben könne. Heute, wo jedem Gleichgewichtsreaktionen bekannt sind, die bei Verminderung der Masse des einen reagierenden Bestandteiles eine Verschiebung erfahren müssen, erscheint dies vielleicht nicht weiter befremdlich, aber in den sechziger Jahren war es sicher ein erstaunlicher Scharfblick, wenn *Pflüger* diese von ihm zuerst erörterte Frage sogleich dahin beantwortete, daß nicht der O_2 -Mangel als solcher, sondern eine durch ihn bedingte Anhäufung von Produkten unvollkommener Oxydation die unmittelbare Ursache der O_2 -Mangel-Hyperpnoe darstelle. In der Tat wissen wir heute, daß in allen Geweben, auch im Zentralnervensystem, bei unzureichender O_2 -Versorgung, eine Ansammlung von Säuren, hauptsächlich von Fleischmilchsäure, stattfindet.

Schon in den achtziger Jahren haben sinnreiche Experimente über die Änderungen der Blutbeschaffenheit bei Muskeltätigkeit und über die Wirkung von Säureinjektionen *Zuntz* und seine Mitarbeiter (*Geppert*, *Loewy*, *Lehmann*) zu der Vorstellung geführt, daß „Acidulierung des Blutes“ eine Erregung des Atemzentrums bewirke, und *Lehmann*³⁾ ist, wie ich glaube, als erster auf den Gedanken gekommen, „die längst bekannte Reizwirkung der Kohlensäure als einen Spezialfall der . . . Wirkung von Säuren im allgemeinen zu betrachten“. Damit war offenbar ein Weg zu einer einheitlichen Auffassung der Atmungsregulation gegeben. Es fehlte nur der Beweis, daß die Säuren als solche tatsächlich eine Erregung des Atemzentrums zu bewirken vermögen. Denn die verschiedenen auch vor und nach *Lehmann* ausgeführten Versuche mit Injektion von Säuren in die Blutbahn gestatteten wegen der Kompliziertheit der hier vorliegenden Verhältnisse keine sichere Schlußfolgerung, da sie nicht bloß Änderungen der Reaktion des Blutes, sondern auch solche der CO_2 -Spannung herbeiführen mußten. Und so meinte noch im Jahre 1909 *L. J. Henderson*⁴⁾ in seiner grundlegenden Untersuchung über das Gleichgewicht zwischen Basen und Säuren im tierischen Organismus, daß es zurzeit keinen Anhaltspunkt zur Entscheidung der Frage gebe, welche von den drei voneinander abhängigen Variablen: freie Kohlensäure, Wasserstoff- oder Hydroxylionen der Regulator der Atmung sei.

Im Jahre 1910 versuchte ich⁵⁾ der Lösung des Problems auf andere Weise näher zu kommen. Ich fand, daß man wenige Tage alte Säugetiere (Kaninchen, Katzen) bis über eine Stunde am Leben erhalten kann, wenn man ihr Gefäßsystem von der Hauptschlagader aus unter Verdrängung des ganzen Blutes mit einer geeignet zusammengesetzten und mit Sauerstoff gesättigten Salz-

³⁾ *O. Lehmann*, *Pflügers Arch.* 42, 302 (1888).

⁴⁾ *L. J. Henderson*, *Ergebnisse d. Physiol.* 8, 254 (1909).

⁵⁾ *H. Winterstein*, *Wiener mediz. Wochenschr.* 1910, Nr. 39; *Ztrbl. f. Physiol.* 24, 811 (1910); *Pflügers Arch.* 138, 167 (1911).

lösung von Zimmertemperatur durchspült. Während der ganzen Dauer der Durchspülung führen die Tierchen, die auf jeden Reiz mit einer Bewegung antworten, keine Atembewegungen aus, auch dann nicht, wenn man eine O_2 -freie Salzlösung verwendet, die innerhalb kurzer Zeit den Tod durch O_2 -Mangel herbeiführt. Wird dagegen die Durchspülung auch nur eine kleine Weile abgestellt oder die zu durchspülende Lösung mit 2–3 Vol. % Kohlensäure versetzt, so treten sogleich Atembewegungen auf. Diese Versuche zeigten zunächst auf das klarste, daß unter diesen Bedingungen durchaus entsprechend der Pflügerschen Annahme selbst tödlicher O_2 -Mangel als solcher nicht erregend wirkt, wenn durch kontinuierliche Durchspülung die Ansammlung der erregenden Stoffwechselprodukte verhindert wird. Es ergab sich weiter, daß eine Auslösung von Atembewegungen nicht bloß durch CO_2 , sondern auch durch Zusatz kleiner Mengen anderer Säuren (Salzsäure, Weinsäure), zu der von Kohlensäure und Karbonaten freien Durchspülungsflüssigkeit erzielt werden konnte, so daß es sich augenscheinlich um eine direkte Wirkung der Säuren und nicht um eine spezifische Wirkung der Kohlensäure handelte. Gestützt auf diese Versuche stellte ich daher die Theorie auf, daß weder der O_2 -Druck, noch die CO_2 -Spannung, sondern die Wasserstoffionenkonzentration der alleinige chemische Regulator der Atmung sei; diese Theorie wollen wir als Reaktionstheorie der Atmungsregulation bezeichnen.

Es liegt auf der Hand, daß mit dem Nachweis einer direkten Erregung der Atemzentren durch Säuren noch keineswegs der exakte Beweis für die Richtigkeit dieser ja jetzt mathematisch faßbaren Theorie geführt war. Dazu wäre der Nachweis einer gleichen Wirksamkeit isohydrischer Lösungen erforderlich gewesen, während, wie Laqueur und Verzár⁶⁾ mit Recht einwenden konnten, in meinen Versuchen die zur Auslösung von Atembewegungen verwendeten Wasserstoffionenkonzentrationen der anderen Säuren um das Vielfache höher waren als die der Kohlensäure, der sie daher nach wie vor eine spezifische Wirkung zuerkennen zu müssen glaubten. Wir können auf die Erklärung dieser Erscheinung erst später eingehen. Der Beweis für die Richtigkeit der Reaktionstheorie wurde bald darauf in einer vortrefflichen Arbeit von Hasselbalch⁷⁾ geliefert, dessen Verbesserung der elektrometrischen Reaktionsbestimmung im Blut überhaupt erst die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung geschaffen hatte.

Zum Verständnis dieser und der folgenden Untersuchungen müssen wir einige Vorbemerkungen über die Reaktion des Blutes und über den Säure-Basen-Haushalt des Organismus voraus-

schicken. Es hat sich in der Physiologie eingebürgert, als Maß der Reaktion ausschließlich die Konzentration der Wasserstoffionen zu verwenden, die auf verschiedenen Wegen einer sehr genauen Messung zugänglich ist. Da das Produkt der $[H^+]$ und $[OH^-]$ bei einer bestimmten Temperatur eine konstante Größe ist, so ist mit der Konzentration der H^+ auch jene der OH^- ohne weiteres gegeben. Eine Sonderung der physiologischen Wirkung dieser beiden ist daher unmöglich, und wenn man sich gewöhnt hat, lediglich von der Wirkung der H^+ -Konzentration zu sprechen, so bedeutet dies natürlich nicht, daß es sich nicht ebensogut um eine solche der gegenseitigen Änderung der Konzentration der OH^- oder des wechselseitigen Verhältnisses beider handeln könnte. Das Blut ist eine ganz schwach alkalische Flüssigkeit, d. h. seine $[H^+]$, die wir nach dem Vorschlage von Michaelis kurz als „Wasserstoffzahl“ bezeichnen und durch das in der englischen Literatur übliche Symbol c_H charakterisieren wollen, ist etwas kleiner als die des Wassers, nämlich normalerweise rund $4 \cdot 10^{-8}$ g H^+ -Ionen im Liter (gegenüber $8 \cdot 10^{-8}$ des reinen Wassers bei 16°). Statt $4 \cdot 10^{-8}$ können wir auch $10^{-7.4}$ schreiben, worin 7.4 offenbar den negativen Logarithmus der Wasserstoffzahl bedeutet, der nach dem Vorschlage von Sörensen Wasserstoffexponent genannt und mit dem Symbol p_H bezeichnet wird. Da sowohl bei der direkten elektrometrischen Bestimmung der c_H durch Konzentrationsketten wie bei ihrer indirekten Berechnung stets zunächst dieser Exponent gefunden wird, so ist es jetzt fast allgemein üblich geworden, ihn als Maß der Wasserstoffzahl zu verwenden. Auch wir wollen uns in der Folge vielfach des negativen Logarithmus der Wasserstoffzahl bedienen, bei dessen Gebrauch also zu berücksichtigen ist, daß p_H um so größer wird, je kleiner die Wasserstoffzahl, d. h. je alkalischer die Flüssigkeit ist und umgekehrt.

Die Untersuchungen Hasselbalchs gingen von der längst bekannten Tatsache aus, daß der Säure-Basen-Haushalt des Organismus in sehr hohem Maße von der Art der Ernährung abhängt. Je mehr der Stoffwechsel durch Umsatz von Eiweiß bestritten wird, also bei möglichst reiner Fleischkost oder beim Hungern, um so größer ist die Säureproduktion infolge der Oxydation des im Eiweiß enthaltenen Schwefels und Phosphors (wozu bei Kohlenhydratentziehung noch die Bildung saurer Acetonkörper aus den Fetten kommen kann) und je mehr vegetabilische Diät gewählt wird, um so größer ist (von gewissen Ausnahmen abgesehen) die Menge der entstehenden Basen, weil von den in den Pflanzen meist in beträchtlicher Menge enthaltenen pflanzensauren Alkalien der organische Säurerest zu CO_2 verbrannt wird, während die Basen übrig bleiben. Da, wie wir später sehen werden, der Organismus zur Aufrechterhaltung des Säure-Basen-Gleichgewichts den Überschuß zum großen Teil durch die Nieren zur Ausscheidung bringt, so wird der

⁶⁾ Laqueur und Verzár, Pflügers Arch. 143, 395 (1912).

⁷⁾ K. A. Hasselbalch, Biochem. Ztschr. 46, 403 (1912).

Harn der Fleischfresser sauer, jener der Pflanzenfresser alkalisch reagieren, der p_H kann im ersteren Falle bis unter 4,8 sinken, im zweiten bis über 7,6 steigen (der p_H des Wassers ist bei Zimmertemperatur etwas über 7). *Hasselbach* beobachtete nun an sich selbst durch geeignete Wahl der Ernährungsform von reiner Fleischkost oder Hungern bis zu reiner Pflanzenkost, deren Basengehalt durch Zusatz von NaHCO_3 noch künstlich gesteigert wurde, Änderungen des p_H des Harns in so weitem Umfange, daß alle auch unter pathologischen Umständen zur Beobachtung kommenden Werte in die Grenzen dieser Änderungen hineinfielen. Hierbei war nun folgendes Verhalten feststellbar: Je saurer der Harn, je größer also die Menge der im Körper gebildeten Säuren war, um so mehr sank der CO_2 -Druck der Alveolarluft, d. i. der Luft, die in den Lungenbläschen mit dem Blut in Gasaustausch tritt und deren CO_2 -Spannung normalerweise als Maß jener des arteriellen Blutes betrachtet werden kann. Die Reaktion des Blutes dagegen blieb fast vollständig unverändert, obgleich sein Gehalt an sauren Valenzen offenbar eine bedeutende Zunahme erfahren hatte, da es bei Schütteln mit einem Gasgemisch von dem CO_2 -Gehalt der normalen Alveolarluft eine viel höhere c_H als in der Norm zeigte. Diese Beobachtung läßt wohl nur folgende Schlußfolgerung zu: In dem Maße, in welchem saure Valenzen in die Blutbahn gelangen, bewirkt die geringfügige Vergrößerung der Wasserstoffzahl eine Erregung des Atemzentrums und eine Verstärkung der Lungenventilation, welche den CO_2 -Gehalt des Blutes soweit vermindert, daß die normale Reaktion des Blutes wiederhergestellt wird. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn basische Valenzen in größerer Menge in die Blutbahn gelangen: die Atmung wird abgeschwächt, CO_2 -Gehalt und -Druck des Blutes steigen an. Da also die Intensität der Lungendurchlüftung sich gerade umgekehrt verhält wie die CO_2 -Spannung des Blutes, so kann nicht diese, sondern nur die Wasserstoffzahl den Regulator der Atmung darstellen.

Zu dieser scharfsinnigen und, wie wir noch sehen werden, für das Verständnis der Reaktionsregulation im Organismus überaus bedeutungsvollen indirekten Beweisführung *Hasselbachs* fügte ich⁸⁾ einige Jahre später den direkten Beweis, indem ich bei Kaninchen saure oder alkalische Lösungen in die Blutbahn injizierte und die dadurch gleichzeitig hervorgerufenen Änderungen der Lungendurchlüftung, einerseits und der Reaktion und der CO_2 -Spannung des Blutes andererseits direkt maß. Hierbei ergab sich, daß die Intensität der Lungendurchlüftung stets und ausnahmslos sich in gleichem Sinne änderte wie die Wasserstoffzahl des arteriellen Blutes, während die CO_2 -Spannung des letzteren ein wechselndes Verhalten zeigte und nicht selten gerade entgegengesetzte Veränderungen erfuhr, also un-

möglich der Regulator der Atmung sein konnte. Meine Versuche wurden später von *Haggard* und *Henderson* sowie von *Fleisch* wiederholt, mit dem übereinstimmenden Ergebnis, daß nicht die Gesamtkohlensäure oder die Konzentration der HCO_3 -Ionen, sondern die c_H des Blutes den normalen Atmungsregulator darstellt. Höchstwahrscheinlich gilt das Gleiche auch für die Regulation des Kreislaufs, indem auch die den Blutdruck, die Herzstätigkeit und damit die das Ausmaß des Blutumlaufes regulierenden Zentren in der gleichen Weise durch die c_H der Umgebung beeinflusst werden (*Mathison, Boothby*).

In auffälligem Gegensatz zu den eindeutigen Ergebnissen der vorangehenden Versuche stehen nun eine ganze Anzahl von Beobachtungen, aus denen hervorzugehen scheint, daß die Kohlensäure dennoch eine spezifische, von ihrer Säurenatur unabhängige erregende Wirkung auf die Zentren des Kopfmarkes ausübt. *Hooker, Wilson* und *Connet* stellten Versuche mit künstlicher Durchspülung des Kopfmarks an Hunden an, und zwar mit defibriniertem Blut, das zuerst durch Schütteln mit Luft CO_2 -arm gemacht und dann in einer Probe mit CO_2 , in einer anderen mit HCl bis zur Erreichung der gleichen c_H versetzt wurde. Es ergab sich nun, daß von diesen beiden Blutarten, obwohl sie die gleiche Wasserstoffzahl aufwiesen, die mit CO_2 versetzte eine viel stärkere Atmungsgröße herbeiführte, was offenbar für eine spezifisch erregende Wirkung dieser Substanz sprach. In analoger Weise fand *Scott*, daß die Injektion von Na_2CO_3 in die Blutbahn bei Katzen keine nennenswerte Änderung der Atmungsgröße hervorrief, obwohl die Alkaleszenz des Blutes von p_H 7,4 auf p_H 7,8 anstieg. Ließ man aber ein solches Tier Luft atmen, die 6–7 % CO_2 enthielt, so trat eine bedeutende Zunahme der Atmung ein, obgleich das Blut immer noch alkalischer war als in der Norm. *Collip* und *Backus* beobachteten bei Injektion von NaHCO_3 -Lösungen sogar erregende Wirkungen auf die Atmung. *Dale* und *Evans* fanden, daß nach Injektion von NaHCO_3 die durch künstliche Atmung erzeugte Apnoe bereits zu einer Zeit ein Ende fand, wo der p_H noch außerordentlich hoch (8,23) lag, was augenscheinlich mit der Reaktionstheorie in Widerspruch stand. Umgekehrt trat der durch künstliche Atmung zu erzielende Abfall des Blutdrucks auch nach Injektion von HCl ein, obgleich der p_H des Blutes stark vermindert war, so daß auch diese charakteristische Beeinflussung des Blutdruckzentrums nicht so sehr von einem Absinken des c_H , sondern von dem Auswaschen der Kohlensäure aus dem Blut abzuhängen scheint. Alle diese Beobachtungen leiten also zurück zu der schon von *Laqueur* und *Verzar* (s. S. 627, 1 Sp.) festgestellten Erscheinung, daß die erregende Wirkung der CO_2 unter Umständen die aller übrigen Säuren bei weitem übertrifft, in unvereinbarem Gegensatz zu der nicht

⁸⁾ H. Winterstein, Biochem. Ztschr. 70, 45 (1915).

minder gesicherten Tatsache, daß die Tätigkeit des Atemzentrums unabhängig und oft entgegen den Änderungen der CO_2 -Spannung des Blutes mit einer solchen Feinheit durch die cH reguliert wird, daß sie die Reaktion des Blutes trotz gewaltiger Einbrüche von Säuren oder Basen konstant erhält.

Die Aufklärung dieses anscheinend unlösbaren Widerspruches verdanken wir schönen Experimenten von Jacobs⁹⁾, welche dargetan haben, daß die Reaktion der die Zellen umgebenden Säfte durchaus nicht ohne weiteres als Maß der in den Zellen selbst herrschenden Reaktion betrachtet werden darf, weil diese auch von der Durchgängigkeit der Zellen für die Umgebungsbestandteile abhängt. Ein überaus eleganter Versuch veranschaulicht diese Tatsache auf das drastischste: Jacobs stellte drei Lösungen her, die alle drei ungefähr den gleichen pH von 7,2 aufwiesen: 1. $\frac{m}{2}$ NaCl + eine Spur NaHCO_3 ,

2. $\frac{m}{2}$ NaHCO_3 gesättigt mit CO_2 , 3. $\frac{m}{2}$ NH_4Cl + etwas NH_4OH . Wurden Seesterne mit Neutralrot schwach gefärbt und in diese drei Lösungen von gleicher Reaktion gebracht, so ergab sich folgendes: In 1 blieb die Farbe unverändert, in 2 wurde sie hellrot und zeigte saure Reaktion an, in 3 wurde sie gelb und zeigte mithin alkalische Reaktion an. Die Erklärung dieser Erscheinung liegt darin, daß die Zelloberfläche, aller Wahrscheinlichkeit nach wegen ihres Gehaltes an Lipoidstoffen, zwar für undissoziierte Kohlensäure und undissoziiertes Ammoniumhydroxyd, nicht aber für die Ionen derselben durchgängig ist. In der Tat blieben diese Farbänderungen so lange bestehen, bis die Zellen infolge der Schädigung durch die Lösungen ihre spezifische Durchgängigkeit verloren hatten. Man kann dieses Verhalten, das Jacobs an ganz verschiedenen Arten pflanzlicher und tierischer Zellen bestätigt fand, auch leicht an leblosen Modellen nachahmen, am einfachsten, wie ich glaube, durch die folgende Versuchsanordnung: Von zwei kleinen Glaszylindern, deren verbreiterte und abgeschliffene Ränder genau aufeinanderpassen, wird der eine an der Unterseite mit einem Gummistopfen verschlossen und bis an den oberen abgeschliffenen Rand mit destilliertem Wasser gefüllt. Der zweite wird an seinem abgeschliffenen Ende mit einer Kollodiummembran überzogen und dann mit einer mit

CO_2 gesättigten $\frac{m}{2}$ NaHCO_3 -Lösung gefüllt und auf den ersten Zylinder aufgesetzt, nachdem der Inhalt beider durch einen Tropfen Neutralrot gefärbt wurde. Das destillierte Wasser zeigt infolge seines schwachen CO_2 -Gehaltes eine leicht rote Färbung, während die Bicarbonatlösung intensiv gelb ist. Nach wenigen Augenblicken tritt

infolge der Wanderung der Ionen des hydrolytisch dissoziierten Bicarbonats durch die Kollodiummembran auch in dem unteren Zylinder alkalische Reaktion auf. Ganz anders ist dagegen das Verhalten, wenn man die Kollodiummembran durch Eintauchen der vorher abgetrockneten unteren Fläche in Olivenöl mit einer kapillaren Ölschicht überzieht. Wird jetzt der untere mit destilliertem Wasser gefüllte Zylinder durch Zusatz von ganz wenig Bicarbonat schwach alkalisch gemacht, so daß er eben leicht gelb gefärbt erscheint, und jetzt der zweite Zylinder mit gleicher Füllung wie vorher aufgesetzt, so schlägt die Farbe des unteren Zylinders innerhalb 10–15 Minuten in tiefes Rot um, das stundenlang erhalten bleibt. Der Inhalt dieses Zylinders also, der durch die ölgetränkte Kollodiummembran von der alkalischen Bicarbonatlösung getrennt ist, nimmt eine saure Reaktion an, weil die Ölschicht zwar die undissoziierte CO_2 hindurchgehen läßt, die dann in der wäßrigen Lösung H-Ionen abdissoziiert, dagegen für die durch die Dissoziation des Bicarbonats entstehenden Ionen undurchgängig ist.

Ganz das gleiche muß offenbar der Fall sein, wenn wir unter Versuchsbedingungen, wie sie normalerweise kaum je verwirklicht sein dürften, durch direkte Einführung von CO_2 durch Einatmen oder durch Injektion carbonathaltiger Lösungen in das Blut den CO_2 -Gehalt des letzteren in einer solchen Weise erhöhen, daß durch Verminderung der Abgabe der Zellkohlenensäure oder vielleicht sogar durch rückläufige Wanderung undissoziierter CO_2 in die Zellen des Atemzentrums die cH des letzteren beträchtlich über die des Blutes hinaus erhöht wird. Die scheinbare Spezifität der CO_2 -Wirkung in all den früher erwähnten Versuchen findet also ihre einfache Erklärung in der Tatsache, daß die lipoidlösliche Kohlensäure die lipoiden Grenzflächen der Zellen sehr leicht und schnell zu durchwandern vermag, während diese, wie längst bekannt, Ionen nur schwer passieren lassen.

Die in den eben erörterten Experimenten erzielten Abweichungen der Reaktion in den Atemzentren von der des Blutes besitzen wohl keine größere biologische Bedeutung, da sie eben nur Kunstprodukte des physiologischen Versuchs darstellen. Die aus ihnen sich ergebende Tatsache aber, daß solche Verschiedenheiten der Reaktion vorkommen können, und daß es dann die Reaktion in den Atemzentren und nicht die des Blutes ist, welche das Ausmaß der Lungendurchlüftung bestimmt, ist bereits früher von mir festgestellt worden und besitzt die größte Bedeutung für das Verständnis der Wirkungen des Sauerstoffmangels, deren Erörterung wir uns jetzt zuwenden.

Vom Standpunkte der Reaktionstheorie aus müßte entsprechend den früheren Ausführungen (vgl. S. 626) die erregende Wirkung des O_2 -Mangels zu erklären sein durch saure Stoffwechsel-

⁹⁾ M. H. Jacobs, Amer. Journ. Physiol. 51, 321 (1920); 53, 457 (1920); Journ. general Physiol. 5, 181 (1922).

produkte, die bei unzulänglicher O_2 -Zufuhr auftreten oder in abnormer Menge sich ansammeln. Eine ganze Anzahl von Tatsachen schien mit dieser Annahme gut in Einklang zu stehen. Schon lange ist bekannt, daß unter dem Einfluß des niedrigen O_2 -Druckes der Höhenluft CO_2 -Gehalt und -Spannung des Blutes eine beträchtliche Verminderung erfahren¹⁰⁾; die Titrationsalkalinität des Blutes absinkt, kurz anscheinend die gleichen Veränderungen eintreten, wie wir sie unter dem Einfluß einer säurereichen Diät beobachtet haben. Allein Versuche mit rasch einsetzendem O_2 -Mangel, die ich im Jahre 1915 (a. a. O.) an Kaninchen anstellte, ergaben, daß unter diesen Bedingungen die direkt gemessene Wasserstoffzahl des Blutes nicht bloß nicht gesteigert, sondern im Gegenteil herabgesetzt ist, und zu dem gleichen Ergebnis gelangten einige Jahre später Haggard und Henderson¹¹⁾ sowie Haldane und seine Mitarbeiter¹²⁾. Steht nun diese Beobachtung in Widerspruch zur Reaktionstheorie, oder bedarf diese, wie Haggard und Henderson meinen, eine Ergänzung, dahin gehend, daß zu der Wirkung der c_H noch die eines geheimnisvollen, von der Größe des O_2 -Druckes abhängigen „respiratory x“ hinzukomme? Keineswegs. Dieses Verhalten war vielmehr, wie ich bereits in meiner erwähnten Arbeit hervorhob, von vornherein zu erwarten. Zahlreiche Untersuchungen haben uns gelehrt, daß das Zentralnervensystem unter allen Organen am empfindlichsten gegen unzureichende O_2 -Versorgung ist, längst weiß man, mit wie außerordentlicher Schnelligkeit das Gehirn bei Absperrung der Blutzufuhr eine saure Reaktion annimmt, und am isolierten Froschrückenmark habe ich zeigen können¹³⁾, daß unter dem Einfluß von O_2 -Mangel eine Säurebildung eintritt, die durch Zufuhr von Sauerstoff wieder beseitigt werden kann. Es liegt also auf der Hand, daß plötzlich einsetzender O_2 -Mangel zuerst im Zentralnervensystem selbst, vor allem auch in den Atemzentren eine Säurebildung veranlassen muß, die zu ihrer Erregung führt, lange

ehe eine gesteigerte Säureabgabe an das Blut eine Steigerung der c_H des letzteren bewirken kann. Die Erregung der Atemzentren aber muß durch die Erhöhung der Lungenventilation zu einer gesteigerten Abgabe von CO_2 aus dem Blut und daher zu einer Verschiebung der Reaktion desselben nach der alkalischen Seite Anlaß geben. Für die hiervon abweichenden Befunde einer normalen c_H des Blutes bei ganz langsam sich entwickelndem O_2 -Mangel geringen Grades, wie er im Hochgebirge eintritt, werden wir erst später eine Erklärung finden, wenn wir die anderen Regulationsvorrichtungen des Organismus zur Erhaltung der normalen Blutreaktion kennen gelernt haben.

Somit steht auch die Wirkung des O_2 -Mangels mit der Reaktionstheorie in vollstem Einklang, nur muß man sich die wichtige Tatsache vor Augen halten, daß die Tätigkeit der Atemzentren primär selbstredend nur von der in ihnen selbst herrschenden c_H bestimmt werden kann und daß für diese zwei Faktoren maßgebend sein müssen: „hamatogene“, insofern die im Blut hervorgerufenen Änderungen der Reaktion auch auf die der Zentren zurückwirken, und „zentrogene“, die durch die in den Zentren selbst sich abspielenden chemischen Vorgänge bedingt sind¹⁴⁾. Die bis dahin nicht beachtete Sonderung dieser beiden Kategorien von Einflüssen auf die Tätigkeit der Atemzentren und die Größe der Lungenventilation wird mit größter Leichtigkeit alle Widersprüche und Unklarheiten beseitigen, denen man in der Physiologie und Pathologie der Atmungsregulation begegnete.

So können wir zusammenfassend die Reaktionstheorie der Atmungsregulation dahin formulieren, daß das Ausmaß der Lungendurchlüftung reguliert wird durch die Wasserstoffzahl in den Atemzentren, die von den in ihnen sich abspielenden Stoffwechselvorgängen, von der Wasserstoffzahl der sie umspülenden Körpersäfte und von dem Permeierungsvermögen der die Reaktion bestimmenden Bestandteile abhängt.

(Schluß folgt.)

Über einige Probleme der marinen Tiergeographie.

Von Hjalmar Broch, Dröbak.

(1) Die geographische Betrachtung der Meerestiere ist mit der hydrographischen Forschung so eng verknüpft, daß nicht wenige Tiergeographen die Daten über Salzgehalt und Temperatur ganz arglos auch für feste Grenzlinien

der Tierverbreitung nehmen, ehrlich überzeugt, daß die Tierindividuen und Tiergenossenschaften sich diesen Daten fügen, sobald sie auf sie stoßen. Wenn derartig vorweggenommene Abgrenzungen und Einteilungen mehr sein wollen als Arbeitshypothesen, so fallen sie unter die Kategorie der Vorurteile. Die streng empirische Forschung, die zuerst und mit großer Peinlichkeit feststellt, wo ein Tier vorkommt, macht durchweg die Erfahrung, daß weder Salzgehalt noch Temperatur,

¹⁰⁾ A. Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen, Leipzig 1899.

¹¹⁾ Haggard und Henderson, Journ. biol. chem. 43, 3, 15, 29 (1920).

¹²⁾ Haldane, Kellas und Kennaway, Journ. Physiol. 53, 181 (1920).

¹³⁾ H. Winterstein, Biochem. Ztschr. 70, 130 (1915).

¹⁴⁾ H. Winterstein, Pflügers Arch. 187, 293 (1921).

noch andere der augenblicklich bekannten hydrographischen Faktoren hinreichen, die Tatsachen der marinen Tierverbreitung erklärend zu umschreiben. So hochentwickelt die Hydrographie auch heute schon ist, in der Erfassung und Erklärung biophysikalischen (oder physiologischen) Geschehens steht sie doch nur erst am Anfang.

(2) Es ist eine oft zu beobachtende Erscheinung im heutigen Betrieb der marinen Tiergeographie, daß sich die Forscher lieber mit „den großen Zügen“ beschäftigen, die Ermittlung der intimeren Einzelheiten aber übersehen. Es dreht sich die Diskussion meist um die Abgrenzung der größeren Reiche, der „Faunenbezirke“, wie um die Umschreibung von Tiefenregionen in allgemeinen Zügen. Das ist leicht verständlich. Die Bemühungen um die biologische Erforschung der Meere haben, wenn wir von den lokal beschränkten Untersuchungen in Diensten der praktischen Fischerei absehen, meist den Charakter größerer Rekognoszierungen gehabt; große Tiefsee-Expeditionen haben die weiten Räume der Weltmeere in verhältnismäßig kurzen Zeiten durchgemessen und daher selbstverständlich nur die allergrößten Züge der Tierverbreitung aufstellen können. Beispielsweise ergab sich so die Vorstellung von einem belichteten Littoralgebiete, das bis zu 400 m Tiefe reiche. Spätere Untersuchungen, u. a. die Ermittlungen an Bord des Forschungsdampfers „Michael Sars“ im Jahre 1910, haben gelehrt, daß photographisch noch sehr wirksame Lichtstrahlen bis zu 1000 m und mehr in die Wassermassen hineindringen, und zugleich hat die genauere Betrachtung der Tierwelt gezeigt, daß sich eine natürliche tiergeographische Grenze bei etwa 400 m Tiefe nicht ziehen läßt. Da sich überdies im Verfolg anderer Untersuchungen ergeben hat, daß der Begriff „Littoral“ fortgesetzt anders definiert werden mußte, dürfte es geraten sein, den Begriff *Littoral* vorläufig wenigstens aus der tiergeographischen Terminologie zu streichen. Vieles deutet darauf hin, daß eine markante regionale Grenze erst bei etwa 600 m Tiefe liegt und daß die oberen 600 m des Meeres eine einheitlich umschriebene, natürliche Region darstellt, für die auch bereits eine eigene Bezeichnung, „*Region der Küstenbänke*“ oder kürzer „*die Bankregion*“, vorgeschlagen wurde. Wenn sich die einzelnen Züge dieser Region erst besser übersehen lassen, wird sich wohl auch ein noch charakteristischerer Name dafür finden lassen.

(3) Wir stehen hier wiederum vor einer Frage allgemeineren Charakters. Vieles, wenn nicht alles in dem Vorhergehenden spricht dafür, daß das tiefere Verständnis der marinen Tiergeographie am allerbesten durch die Erforschung einzelner Probleme und enger umgrenzter Meeresabschnitte gefördert werden kann. Ich werde jetzt ganz kurz einige dieser Probleme aufzeigen und mich dabei bemühen, deutlich zu machen, wo und wie unsere augenblicklichen

hydrographischen Kenntnisse noch unzulänglich sind.

Es ist eine auffällige Erscheinung, daß sich in den Erörterungen über Fragen der nordischen marinen Fauna sehr oft die *Reliktenphänomene* vordrängen, und daß eng damit verknüpft die Frage nach den *Strömungsweisen* erscheint. In einem Vortrage über die Verbreitung der planktonischen Copepoden im Atlantischen Ozean hat O. Nordgaard der skandinavischen Naturforscherversammlung von 1916 dargelegt, daß der hocharktische Copepode *Calanus hyperboreus* auch noch weit im Süden, *ziemlich nahe den Azoren*, zu finden ist, *vereinzelt* freilich nur, und ohne sich dort fortzupflanzen, *es fehlen in dem Gebiete alle Jugendstadien*. Könnte sich der Krebs in diesen Gewässern normal fortpflanzen, so müßte er auch dort einheimisch werden; in Wahrheit wird er aber dort immer wieder eingeschleppt. Wenn ein Organismus in dieser Weise auftritt, so deutet das immer auf Beimischung weither kommender Wassermassen, er ist also ein Strömungsweiser. — Ähnlich verhalten sich im Nordmeere die wärmeliebenden *atlantischen Hydroiden*, wie ich in verschiedenen Arbeiten gezeigt habe; sie *projizieren den Verlauf des atlantischen Stromes auf den Boden des Nordmeeres*, können sich aber dort nicht oder nur ausnahmsweise fortpflanzen, da sie dort nicht einheimisch sind und nicht in größeren Mengen auftreten. Daß für die Fortpflanzung der Salzgehalt eine entscheidende Rolle spielen kann, hat Th. Mortensen im Verlaufe anderer Untersuchungen für einen *Schlangensterne* zeigen können; er fand, daß ein um vier Promille (von 32‰ bis 28‰) herabgesetzter Salzgehalt bei *Amphiura filiformis* die Spermien inaktiviert. Für die Unterdrückung der Fortpflanzung der Hydroiden genügt dieser eine Faktor sicher nicht; auf sie wirken Salzgehalt und Temperatur und vielleicht noch einige bisher noch unbekannte Faktoren hemmend ein. — Die meisten Hydroiden können nur als Larven verfrachtet werden, da ja die erwachsenen Individuen unlösbar am Boden haften. Die weiten Strecken, die sie so durchreisen, ehe sie sich ansiedeln, deuten auf eine stark verlangsamte Larvenentwicklung hin, die möglicherweise durch herabgesetzte Temperatur allein erklärt werden kann, wofern es erlaubt ist, nach an anderen Tiergruppen experimentell gewonnenen Resultaten Analogieschlüsse zu ziehen.

Wir sahen soeben, wie Tierarten in neue Gebiete eindringen. Gerade die entgegengesetzte Bewegung, den Rückzug von Arten aus Gebieten, die für sie ungünstig geworden sind, behandelt die *Reliktenforschung*. So müssen wir z. B. annehmen, daß die arktischen Tiere während der Eiszeit in den nordischen Meeren durchweg weiter verbreitet waren als sie es heute sind, und daß sie sich vor der zunehmenden Erwärmung ihrer Wohngebiete nach Norden zurückgezogen

haben oder ausgestorben sind. Dabei ist es geschehen, daß einige Individuen hier und da innerhalb des alten Verbreitungsgebietes sitzen geblieben sind und so auch noch außerhalb des heutigen Hauptareals der Art erscheinen. Sie gedeihen dort und pflanzen sich fort und haben die morphologischen Merkmale der Individuen im Hauptwohngebiet unverändert beibehalten. Das sind Relikte. — Aus Experimenten wissen wir, daß sich einige Tiere allmählich an veränderte Verhältnisse gewöhnen können. So hat F. Poë einige Aktinien (Seerosen) durch allmähliche Aussüßung des Wassers in nahezu reinem Süßwasser am Leben halten können, in dem sie plötzlich eingesetzt, schnellem Tode anheimgefallen wären. Ähnlich erklärt es sich wohl, daß gewisse heute als *Glazialrelikte* angesprochene Tierbestände unter Verhältnissen leben und gedeihen, die ihnen ursprünglich fremd oder sogar schädlich gewesen sein dürften; sie haben sich während der allmählichen Veränderung anpassen können, während die Individuen anderer Arten das nicht vertragen und ausstarben. Unverständlich bleibt freilich, warum diese Tiere, die sich doch unter den neuen Verhältnissen unzweifelhaft fortpflanzen, auf ihre engebegrenzten Lokaltäten, etwa einen kleineren Bezirk eines Fjordes, beschränkt bleiben und nicht ihren Lebensbezirk erweitern. Schon in diesen Fragen kann uns die Hydrographie nicht immer mit ihrem Wissen vorwärts helfen, noch weniger vermag sie das bei dem Problem der sekundären Zentren, dem wir uns jetzt zuwenden.

(4) Unter „sekundären Zentren“ verstehe ich Wohnräume, in denen die Art zahlreicher auftritt als im Zentralbezirk ihres Areals. Im Trondhjemsfjord finden wir den großen atlantischen Korallenbiozöosen beigemischt einige „arktische Relikte“, wie die Hydroiden *Stegopoma plicatile*, *Tubularia regalis* und *Corymorpha groenlandica*, die sonst nur in rein arktischen Gewässern zu Hause sind und dort in größerer Zahl und in voller Entwicklung gefunden werden. Im Trondhjemsfjord nun zeigen die beiden erstgenannten arktischen Arten ein massenhaftes Auftreten und eine Vollkommenheit und Größenentwicklung der Individuen, wie man sie sonst kaum beobachtet. Dabei sind andere arktische Relikte, wie *Myriothele phrygia* oder die Schnecke *Buccinum hydrophanum*, Seltenheiten im Fjord. Welche selektiven Faktoren hier tätig sind, können wir zurzeit nicht sagen.

Ein anderes Beispiel. In den großen Weltmeeren leben die prachtvollen planktonischen Medusen *Periphylla regina*, *Periphylla hyacinthina* und *Atolla Bairdii* nebeneinander in den oberen Partien der „intermediären“ Wasserschichten, d. h. in einigen hundert Metern Tiefe. Die *Periphylla regina*, die sich auch in den kalten Wassern der Antarktis zu Hause fühlt, vermag nicht in das norwegische Nordmeer einzudringen; sie scheint an den unterseeischen Rücken, die

von Schottland nach Island-Grönland verlaufen, Halt zu machen, während die beiden anderen Arten im Nordmeer erscheinen. Von dort aus ist wohl die *Periphylla hyacinthina* in die westlichen norwegischen Fjorde eingewandert, während *Atolla* hier auffälligerweise fehlt. Es ist nicht ersichtlich, weshalb die *Atolla* z. B. im Sognefjord nicht vorkommt, wo *Periphylla* in den tieferen Schichten geradezu in Unmengen gefangen worden ist, wie sonst nirgends. Hier liegt kein Reliktphänomen vor, die Frage aber, welche Faktoren so selektiv wirken, ist dieselbe und vorderhand nicht zu beantworten. Wir haben hier wohl eine Summe von Faktoren vor uns, die die spezielle Entwicklung der Biozöosen mehr oder weniger stark abgegrenzter Fjorde oder Meeresabschnitte bestimmen und ahnen, daß uns die Aufstellung dieser auf engstem Raume wirkenden biophysikalischen Faktoren die biologischen Verhältnisse des Weltmeeres verständlicher machen würde.

(5) Zum Schluß möchte ich noch eine Erscheinung berühren, die zweifelsohne den Forschern, die sich mit der Bodenfauna der Meere befassen, sehr gut bekannt ist, nämlich die *quantitativen Schwankungen der Elemente der Bodenfauna*. Die großen Schwankungen der Fischbestände, besonders auch der Menge der Fischeier, haben seit Jahren die Forscher beschäftigt; von den Schwankungen der Bodenfauna hat man weniger gehört, wiewohl es nahe liegt, die Ursache der Veränderung in der Zahl einiger Fische in den Veränderungen der Besiedelung des Bodens zu suchen. Im Kristianiafjord haben wir bei Drøbak mehrere Jahre hindurch solche Veränderungen festgestellt, ohne daß wir bis heute die Ursachen nachweisen könnten. So traten, um ein Beispiel zu nennen, im Frühjahr 1921 unzählige Exemplare des roten Seesterns *Asterias rubens* auf, die die Fischerei mit leichter stehenden Geräten äußerst schädigten. Im Sommer desselben Jahres war der Boden mit geradezu abenteuerlichen Mengen ganz junger Seesterne übersät, bis im Oktober eine Katastrophe die Massen derart reduzierte, daß junge *Asterias* Seltenheiten waren. Im Frühjahr 1922 war die Zahl der Seesterne wiederum normal. Daß es sich hier nicht um ein einmaliges und lokales Phänomen handelt, geht auch aus einer brieflichen Mitteilung des Herrn Dozenten R. Hutzen Stamm in Kopenhagen hervor, wonach im Sommer 1922 bei Skagen in Jütland die Schnecke *Philine* in großen Massen auftrat, wo sie sonst nicht gerade häufig ist. — Diese faunistischen Schwankungen dürften zu einer Zusammenarbeit zwischen Hydrographen und solchen Biologen mahnen, die sich mit der Bodenfauna und -flora beschäftigen. Sie gehören zu den biogeographischen Fragen, die eben jetzt, wo man auf kostspielige Hochseefahrten verzichten muß, auf die Tagesordnung gestellt werden sollten.

Über die „Sprache“ der Bienen.

(Eine tierpsychologische Untersuchung).

v. Frisch gibt eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse mehrjähriger Versuche, über die er schon in drei kleineren Mitteilungen vorläufig berichtete. Bei seinen Dressurversuchen zum Studium des Farben- und des Geruchssinnes der Biene war ihm aufgefallen, daß zu einer nicht zu reichen Futterquelle (Zuckerwasserschälchen, das nur zeitweilig nachgefüllt wurde) immer nur eine bestimmte Anzahl derselben Bienen kam, daß sich also eine Sammelgemeinschaft gebildet hatte. Versiegte die Futterquelle zeitweise, so kam gelegentlich die eine oder die andere der Sammlerinnen an gewohnten Plätze Nachschau zu halten. Fand sie nichts, so blieb der Futterplatz vorerst einsam; läßt sie aber Futter gefunden, so folgten bald die anderen Schargenossen nach. Es erheben sich sofort zwei Fragen: 1. wie kommt die Schar zustande? 2. wie verständigt die erfolgreiche Kundschafterin der Schar die zu Hause wartenden Schargenossen, daß die Quelle wieder fließt, wie sendet sie ihre Genossen zu dem ihnen bekannten Futterplatze? Offenbar löst die Biene im 2. Falle eine leichtere Verständigungsaufgabe als im ersten. Ist die Schar erst einmal gebildet, d. h. kennen mehrere Bienen denselben Futterplatz, so braucht die erfolgreiche Kundschafterin den anderen — in Menschensprache — nur zu sagen: Geht wieder dorthin, wo ihr schon gefunden habt. Hat aber eine Biene eine neue Trachtquelle entdeckt, die sie selber nicht bewältigen kann, so fällt ihr die schwerere Aufgabe zu, eine Schar anzuwerben, d. h. — in Menschensprache — einigen Stockbienen zu sagen: Geht an den und jenen Ort und sammelt dort das und das. So geht v. Frisch in der Darstellung von der einfacheren zweiten Frage aus, wie die erfolgreiche Kundschafterin ihre Schargenossen zu der ihnen bekannten Futterquelle schickt, die vorübergehend versiegt war; wobei die Frage nach dem Zustandekommen der Schar vorerst zurückgestellt wird.

Entscheidend für den Erfolg war 1. ein sehr bequemes Verfahren, nach dem die Tiere mit leicht lesbaren Zahlensymbolen bis zu 500 nummeriert werden konnten, 2. die Konstruktion von Beobachtungsstöcken, die die gleichzeitige Beobachtung sämtlicher Stockangehörigen auf den nebeneinanderstehenden, ihre Breitseiten dem Beschauer zuwendenden Waben gestattete. Mittels dieser Hilfsmittel ließ sich folgendes feststellen: Jede beliebige Scharangehörige kann während der Futterpause als Kundschafterin zum bekannten Zuckerwasserschälchen fliegen, während die übrigen Schargenossen, seit sie zum letztenmal am Futterplatze vergeblich gesucht hatten, untätig auf einer der dem Flugloche zunächst liegenden Waben sitzen. Kehrt eine Kundschafterin von einer erfolglosen Unternehmung zurück, so kommt sie bald irgendwo auf der Wabe zur Ruhe, ohne daß die wartenden Schargenossen von ihr Notiz nehmen. Hat sie aber am Futterplatze ihre Honigblase rasch und mühelos füllen können, so beginnt sie auf der Wabe den „Nektartanz“: Sie rennt in sehr engem Kreise, der oft nur eine einzige Wabenzelle umgreift, herum, macht plötzlich kehrt und kreist in der entgegengesetzten Richtung, dann wendet sie wieder und kreist im anfänglichen Sinne, und so fort bis zu einer Minute. Nicht selten wird der Tanz noch mehrmals an anderen Wabenstellen wiederholt. Plötzlich bricht sie ab, eilt zum Flugloche und fliegt geradeswegs zum Flugplatz zurück, um weiter zu sam-

meln. Alle Bienen, an die die Tänzerin anstößt, geraten in Erregung; sie verfolgen sie, indem sie mit den Fühlern ihren Hinterleib berühren. Gehören sie nicht zur Schar, so lassen sie bald von der Tänzerin ab und kommen bald wieder zur Ruhe. Sind sie aber Schargenossen, was der Beobachter an ihrer Numerierung erkennt, so folgen sie eine Zeitlang der Tänzerin, bis sie auch ihrerseits plötzlich abbrechen und zu dem ihnen bekannten Futterplatze fliegen. Kommen sie nun selber heim und haben sich gut vollgesogen, so tanzen sie auch, und die Wahrscheinlichkeit, mit weiteren noch wartenden Schargenossen auf der Wabe zusammenzustoßen und sie dadurch ebenfalls zum gemeinsamen Futterplatze hinauszusenden, wird mit der Zahl der Tänzer immer größer. Von 204 Bienen, die mit einer Schargenossin zusammenstießen, erschienen 155 (76%) in den folgenden 5 Minuten am Schälchen, 49 (24%) erst später oder gar nicht. Vor dem Kontakte mit der Tänzerin war keine von den 204 Bienen während der letzten mindestens 38 Minuten als Kundschafterin beim Schälchen gewesen, viele erheblich länger nicht. Rechnet man die 18 weiteren Bienen mit, die 5–10 Minuten nach Berührung der Tänzerin am Futterplatze erschienen, so ist also die durch den Tanz erfolgte Mitteilung: In unserem Zuckerwasserschälchen gibt es wieder etwas, bei 173 Bienen (85%) von Erfolg begleitet gewesen. Wurden statt des Zuckerwasserschälchens Blüten dargeboten (Stock und Blüten standen in einem Glashause, das sonst keine weiteren Blüten enthielt), so war der Erfolg derselbe, ebenso auch bei Bienen, die dort mangels geeigneter Futterquellen Blattlaussekrete sammelten.

Bedeutet also der Tanz, der in gleicher Weise von erfolgreichen Sammlerinnen von Nektar, Honig, Zuckerwasser und Blattlaussekreten ausgeführt wurde, nichts weiter als: Es gibt etwas Süßes? Es wurden in zwei vom Stock gleich weit entfernten Plätzen A und B Zuckerwasserschälchen aufgestellt, und die A- und B-Sammler durch verschiedene Markierung kenntlich gemacht. Wurde dann nach längerer Unterbrechung der Fütterung bei A und bei B plötzlich bei A allein weitergefüttert, so mobilisierte die erste erfolgreiche Spürbiene der Schar A durch ihren Tanz im Stock die Angehörigen beider Scharen in gleicher Weise; die A-Bienen suchten bei A und fanden, die B-Bienen suchten bei B vergeblich und doch hartnäckig. Wurden aber bei A Robinien, bei B Lindenblüten aufgestellt, so mobilisierte, bei sonst gleicher Versuchsanordnung, die erste erfolgreiche A-Robinien-Kundschafterin diesmal nur die Robinien-sammler, nicht aber auch die Lindensammler. Eine ungewöhnlich findige Biene hatte nun sowohl bei den Linden, wie auch bei den Robinien gesammelt, kehrte sie als erfolgreiche Kundschafterin nach der Futterpause von Linden heim, so mobilisierte sie die Lindensammler, während die Robinien-sammler untätig blieben. Kam sie aber von Robinien heim und tanzte, so setzte sie die Robinien-sammler in Bewegung und die Lindensammler blieben daheim. So spricht alles dafür, daß die Angehörigen einer Schar sich nicht persönlich kennen, daß aber der Geruch, der der Blütenbesucherin anhaftet, den Bienen sagt, wo die Tänzerin gesogen hat. Denn allein bei dem für die Bienen geruchlosen Zuckerwasser waren die Bienen nicht imstande, zu unterscheiden, ob die Tänzerin ihrer oder der anderen Schar angehörte, so daß sie auch auf falschen Alarm hin ausflogen. Die Vermutung bestätigte sich durch weitere

1) Karl v. Frisch, Zool. Jahrb., Abt. f. Zool. und Physiol., Bd. 40, H. 1/2, S. 1—186, 1923.

Versuche mit zwei Zuckerwasserplätzen, bei denen das Schälchen auf einer Fließpapierunterlage stand, das mit einem der aus *v. F.*s Geruchsarbeit bekannten Duftstoffe betropft worden war. War z. B. etwa bei A Zuckerwasser auf Türosenduft, bei B Zuckerwasser auf Pfefferminzduft gegeben, so setzte der Tanz der ersten nach der Futterpause erfolgreichen Pfefferminzsammlerin nur Pfefferminzsammler in Tätigkeit, während die Türosenkundschafterin durch ihren Tanz nur Türosensammler aussandte. Die eingangs gestellte Frage beantwortet sich also so: Der „Nektartanz“, den die erfolgreiche Biene im Stocke ausführt, sagt aus: Es gibt Arbeit. Der der Tänzerin anhaftende Blütenduft aber sagt den Bienen, daß es die Sammelarbeit dort gibt, wo es so duftet wie die Tänzerin. Bienen, die gerade gewohnt sind, sich von eben diesem Duft zum Futter hinflehen zu lassen, fliegen auf die Wahrnehmung einer ihren Sammelduft tragenden Tänzerin hin zu ihrem Sammelorte. Pollensammler führen den „Schwänzeltanz“ aus, wenn sie sich mühsam mit Pollen beladen haben: Sie durchleihen abwechselnd einen Halbkreis nach links und einen nach rechts, dazwischen laufen sie ein Stückchen geradeaus, indem sie dabei heftig schwänzeln, d. h. zitternde seitliche Bewegungen des ganzen Körpers ausführen. Die Stockinsassen beriechen dabei mit den Fühlern die Höschen oder, wenn diese schon abgeladen sind, die Körbchen der Tänzerin. Ebenso wie bei den Nektartänzen von Blütenbesucherinnen wird hier die Aufmerksamkeit der Stockbiene schon auf Distanz hin erregt, was bei den Zuckerwassersammlern (auf geruchlosen Unterlagen) niemals der Fall war. So spricht auch hier alles für eine eingehendere Verständigung durch Düfte.

Um zu entscheiden, ob die Düfte der Blumen oder der Eigenduft des Pollens entscheidet, bildete *v. F.* bei A eine Schar von Glockenblumensammlern, bei B eine andere von Rosensammlern. Glockenblumentänzer regten, als erste nach der Futterpause erfolgreich heimkehrend, nur die Glockenblumensammler an, Rosensammler immer nur die Rosensammler. Nun schnitt *v. Frisch* aus beiden Blütenarten die Staubgefäße heraus und vertauschte sie miteinander. Wenn jetzt eine Biene aus Glockenblumen Rosenpollen gesammelt hatte, so sandte sie nur Rosenpollensammler aus; und Bienen, die aus Rosen Glockenblumenpollen heimtrugen, erregten durch ihren Tanz nur Glockenblumenpollensammler. Also ist der Duft des Pollens, der der Schwänzeltänzerin anhaftet, der maßgebliche. Die Pollengerüche sind auch für die menschliche Nase deutlich wahrnehmbar.

Die zweite Frage war nun die nach dem Zustandekommen der auf einen Futterplatz eingeflogenen Scharen. Wie schafft die Entdeckerin einer bisher unbekannten neuen Trachtquelle sich Zuzug von Helfern, die den Futterplatz noch nicht kennen? Der schon beschriebene Tanz ist zugleich auch ein Werbetanz, durch den unbeschäftigte Bienen, die augenblicklich auf keine besondere Blume eingeflogen sind, angeworben werden. Nur bei reicher Tracht, die gemeinsame Ausbeute lohnt, tanzt und wirbt die Entdeckerin: Wurde den Bienen statt des Schälchens voll Zuckerwasser eine Schale voll Fließpapierblätter gegeben, die nur spärlich mit Zuckerwasser durchtränkt waren, so daß die Biene auch nach langer Sagarbeit ihre Honigblase nicht ganz füllen konnte, so blieben die Tänze aus. Wie aber unterrichtet die Entdeckerin reicher Tracht die durch den Tanz anzuwerbenden Neulinge von der Lage und Beschaffenheit des Fundortes? — Die nächstliegende Annahme, daß die Entdeckerin die Neulinge einfach mitbrächte, wird durch Beobachtungen widerlegt. Eine

markierte Biene wurde bei 222 Flügen vom Stock zum Schälchen beobachtet; sie flog stets allein. Während dieser Flugzeit kamen 17 Neulinge zum Schälchen und waren stets „plötzlich da“. Versuche lehrten, daß die Neulinge wahllos die ganze Gegend um den Stock absuchen, so lange, bis sie dem Duft begegnen, den die Tänzerin ausströmte. Wurde z. B. am Futterplatze Zuckerwasser auf Pfefferminzöl gefüttert und in die Wiese rings um den Futterplatz Zuckerwasserschälchen mit Pfefferminzöl und mit anderen Düften gestellt, so traten Neulinge am Futterplatz und an sämtlichen Pfefferminzölschälchen in der Wiese auf, die alle aus dem Stock stammten, der die Futterplatzschar gestellt hatte; die andersduftenden Schälchen aber blieben ganz unbeachtet. Oder wurden am Futterplatze mit Zuckerwasser beträufelte Cyclamenblüten aufgestellt, am Beobachtungsplatz in der Wiese ein Cyclamen- und ein Phloxstrauß, beide ohne Zuckerwasser, so flogen Neulinge nur beim Cyclamen an; als aber am Futterplatze die Alpenveilchen entfernt und dafür Phlox mit Zuckerwasser gegeben wurde, blieben am Beobachtungsplatze weitere Neulinge an den Alpenveilchen, während jetzt Neulinge am Phloxstrauß sich zu schaffen machten. „Überlandversuche“ zeigten, daß die Neulinge die Stockumgebung bis zu einem Kilometer Entfernung nach dem Duft der Tänzerinnen absuchten, d. h. also wohl die ganze Flugweite des kleinen Versuchsstockchens.

Doch auch damit ist noch nicht alles gesagt. Wie sich nämlich in weiteren streng durchgeführten Versuchen herausstellte, wurden reiche Futterplätze von zahlreicheren Neulingen aufgefunden, als spärliche Futterquellen, auch wenn beide gleich und gleich stark duften, und auch wenn beide in der Zeiteneinheit von gleich zahlreichen Bienen angefliegen werden. Als dem reicheren Trachtplatze anhaftende Kennzeichen kamen vermutungsweise zwei in Betracht: 1. der Flugton, 2. der Duft des ausgestülpten Duftorgans. Kehrt eine Biene, die mit gefüllter Honigblase im Stocke getanzt hat, zum reichen Futterplatze zurück, so erklingt ihr Flugton in den Grenzen von *ais* bis *d'*, im Mittel als *cis'*, während die den spärlichen Trachtplatz befliegenden Tiere *gis* bis *cis'*, im Mittel *h* als Flugton erklingen lassen. Ferner stülpen die Sammlerinnen am reichen Futterplatze das dorsal nahe an der Hinterleibsspitze gelegene Duftorgan aus, was die Bienen am spärlichen Futterplatze, die nicht getanzt haben, unterlassen. So lagert über dem reichen Trachtorte eine Wolke fruchtätherartigen Geruches, den die Duftorgane verbreitet haben. Als *v. F.* den hohen Flugton durch eine auf *cis'* abgestimmte elektrische Stimmgabel für Menschenohren ziemlich täuschend nachahmte, wurden dadurch keine Neulinge angelockt, d. h. die Zahl der Neulinge blieb dieselbe, ob die Stimmgabel tönnte oder schwieg. Wurde aber am reichen Trachtorte den dort zugelassenen Sammlerinnen das Duftorgan mit einem Kollodiumhäutchen verklebt, so erhielt er nicht mehr Besuch von Neulingen als der spärliche Trachtort. Damit ist die Wirksamkeit des Duftes der ausgestülpten Duftorgane sicher erwiesen. Daß der Flugton nicht auch mithilft, darf aber noch nicht behauptet werden, obwohl die Stimmgabelversuche negativ ausfielen. Denn es wäre möglich, daß die Nachahmung für Bienen weniger gut gelungen sei als für den Menschen. Doch ließ sich auf einem Umwege die Unwirksamkeit der Flugtonhöhe erweisen. In einem ersten Versuche wurde am Platze A reiche Tracht, bei B spärliche Tracht gegeben und die Zahl der Neulinge an beiden Plätzen festgestellt. In einem zweiten Versuch, der sich unmittelbar anschloß, wurde bei A wieder reiche Fütte-

rung geboten, bei B diesmal ebenfalls reiche, doch den hier sammelnden Bienen das Duftorgan verklebt. Im Versuch 1 kennzeichneten also den Platz A der hohe Flugton und der Duft der Duftorgane, den Platz B tiefer Ton und keine Duftorgane; im Versuch 2 aber waren bei A wieder hoher Flugton und Duftorgane, bei B hoher Flugton und keine Duftorgane kennzeichnend. Sollte also auch die Höhe des Flugtones Neulinge mitanlocken, so müßte das Neulingsverhältnis B:A im Versuch 1 günstiger für A sein als im Versuche 2; denn in 1 und 2 fehlt bei B das Duftorgan, ist aber bei A vorhanden, wozu außerdem in 1 auch der tiefe Flugton B beizutragen muß, in 2 aber nicht. Die Neulingsanzahlen waren nun in 1 A 168, in 1 B 18, in 2 A 123, in 2 B 12, das Verhältnis B:A also in 1 = 1:9,3, in 2 aber 1:10,2. Es war also, umgekehrt als erwartet, eher in 2 günstiger für A als in 1. Demnach spricht die Höhe des Flugtones nicht mit, der reichere Trachtort gibt sich allein durch den Geruch der ausgestülpten Duftorgane der hier sammelnden Bienen den Neulingen zu erkennen.

Somit lehren *v. Es* Versuche folgendes: Der Tanz sagt, es gibt lohnende Tracht, je nach der Art des Tanzes Nektar oder Pollen. Der Duft der Tanzenden nach bestimmten Blumen oder bestimmten Pollen sagt aus, es gebe die lohnende Tracht dort, wo es so duftet wie die Tänzerin. Bienen, die gerade eine Futterquelle kennen, die nach diesem Duft riecht, fliegen zu der ihnen bekannten Futterstelle. Andere, die gerade keine bestimmte Tracht sammeln, suchen das ganze Flugfeld um den Stock herum so lange ab, bis sie bei dem Dufte der Tänzerin Futter gefunden haben. Stoßen sie bei dieser Suche auf Plätze, die außerdem noch den Fruchtlätherduft ausgestülpter Bienenduftorgane wahrnehmen lassen, so suchen sie hier besonders eifrig; hier können sie damit

rechnen, nicht nur überhaupt etwas, sondern es besonders reichlich und mühelos sich einverleiben zu können. So erklärt sich endlich auch, wie Bienen an Blüten sammeln können, die weder durch Farbe, Form noch Duft deutlich ausgezeichnet sind, wie an denen des wilden Weines, der Heidelbeere u. a. m. Hat eine Biene bei zufälligem Suchen die Blüten gefunden und ihren Fruchtläthergeruch dort gelassen, so ist das Feld für die blindlings und ohne spezifische Geruchsmarken suchenden Neulinge wenigstens durch den Fruchtlätherduft gekennzeichnet. Zudem wird das Auffinden durch die Reichlichkeit der stets in größeren Beständen beieinanderstehenden Blüten erleichtert. — Es hat immer als besonderer Intelligenzbeweis gegolten, daß die Biene die Anzahl der an einer bestimmten Stelle sammelnden Bienen der Menge des zu sammelnden anpaßt; auch diese Tatsache erklärt sich einfach und rein mechanisch: Solange noch die Biene sich leicht vollsaugen kann, tanzt sie und wirbt dadurch Neulinge an. Sind aber so viele da, daß für die einzelne Biene die Tracht spärlich wird, so tanzt sie nicht mehr, es werden keine weiteren Neulinge mehr angeworben und von den schon eingeflogenen Tieren bleibt eines nach den anderen aus, wenn es beim Sammeln allzu große Mühe gehabt hat. — Was allein unsere Bewunderung erregen muß, das ist die Plastizität, mit der die Biene immer neue Assoziationen schließt und alte, unnütz gewordene löst und mit wie verhältnismäßig bescheidenen Verständigungsmitteln erstaunliche Erfolge erzielt werden, nämlich eine derart ökonomische und kraftsparende Regelung der Sammelstätigkeit, wie sie in Anbetracht der geistigen Fähigkeiten der Biene besser nicht ausgedacht werden könnte.

Kochler, München.

Dr. üb. d. ges. Phys. u. exp. Pharm. 34. Jg. 1923.

Besprechungen.

Plate, L., Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre.

1. Teil: Einleitung, Cytologie, Histologie, Promorphologie, Haut, Skelette, Lokomotionsorgane, Nervensystem. Jena, Gustav Fischer, 1922. VI, 629 S. und 557 teilweise farbige Abbildungen, 16×24 cm. Preis 1/2. geh. 9.—; geb. 13.—.

Plates Werk ist auf vier Teile berechnet. Aus Vorlesungen des Verfassers entstanden, will es das Gesamtgebiet der Zoologie, soweit es der Abstammungslehre dient, darstellen. Im zweiten Teil werden die Sinnesorgane behandelt werden, im dritten weitere Kapitel der vergleichenden Anatomie, im vierten gezeigt werden, inwieweit Systematik, Experimentalzoologie einschließlich der Vererbungslehre, Embryologie, Tiergeographie und Paläontologie die Abstammungslehre gefördert haben; eine gewaltige Aufgabe, bei deren Bewältigung dem Verfasser neben seinen schon vorliegenden deszendenztheoretischen Büchern vor allem seine eigene, die verschiedensten Gebiete berührende Forschertätigkeit und eine ungewöhnliche Belesenheit zugute kommen. Die vergleichend-anatomische und historische Betrachtungsweise der Organismen ist ja bekanntlich heute etwas unmodern geworden, von systematischen Studien gar nicht zu reden, und das Interesse konzentriert sich vornehmlich auf physiologische, vererbungsgeschichtliche und entwicklungsmechanische Untersuchungen. Plate erkennt ihre Bedeutung keineswegs, ihr Ertrag für den Phylogenetiker aber ist bisher nur gering gewesen. Er ist der Meinung, daß diese augenblickliche Strömung alsbald wieder zurück-

zuführen wird, „denn die kausalanalytische Forschung zeigt uns doch immer nur eine Seite des Lebensproblems und keineswegs immer die interessanteste“. „Selbst wenn genau festgestellt ist, welche Temperatur-, Druck- oder chemischen Verhältnisse bei der Ontogenie eines Organs von Bedeutung sind, kommt man um die historische Betrachtung nicht herum und auch nicht um die Frage, welche Anpassungen an gegenwärtige oder frühere Lebensverhältnisse in ihm zum Ausdruck kommen.“ Die Lebewesen sind eben mit einer Psyche begabte, historische Gebilde, die nur aus ihrer Vergangenheit heraus verstanden werden, und über diese kann sich nur vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Betrachtung äußern und keine mechanischen, kausalanalytischen Methoden. Gewiß wird die vergleichende Anatomie erst verständlich, wenn sie auf die Leistungen der Organe Bezug nimmt, aber „der Zoologe soll doch in erster Linie Morphologe bleiben und das wundervolle Gebiet der Formenlehre weiter ausbauen“. Wievielmehr noch müssen wir verlangen, daß der werdende Zoologe, welches Arbeitsgebiet auch immer er in der Folge zu dem seinen machen wird, zunächst einen tiefen Blick in die Welt der Form tut und in der „alten“ Zoologie heimisch wird. Wie auch in den kommenden Jahrzehnten Wert und Unwert der einzelnen zoologischen Disziplinen bemessen werden wird, ob eine historisch-morphologische Betrachtung wieder an Boden gewinnen oder noch für längere Zeit als etwas Überlebtes über die Achseln angesehen werden wird, wer für ihren eigentümlichen

nicht zuletzt auch ästhetischen Reiz empfänglich ist, wird sich freuen, daß hier ein Werk entsteht, das mit Nachdruck auf sie zurück verweist.

P. Buchner, München.

Kühn, Alfred, Grundriß der allgemeinen Zoologie für Studierende. Leipzig, Georg Thieme, 1922. VIII, 212 S. und 170 Abb. 16 × 24 cm. Preis Gz. geh. 4,15; geb. 6,75.

Der überwiegende Teil der Hörer in den zoologischen Hauptvorlesungen besteht nicht aus Naturwissenschaftlern oder gar künftigen Zoologen, sondern Medizinern, die keine zoologischen Spezialkenntnisse erwerben wollen, sondern nach den Grundlagen einer allgemeinen Biologie verlangen. Dementsprechend wird wohl überall im Laufe der Jahre den Problemen der vergleichenden Physiologie, der Vererbungslehre, Entwicklungsmechanik mehr Platz eingeräumt worden sein. Je nach der Einstellung des Vortragenden wird er sich in verschiedener Weise mit dem übergroßen Stoff auseinandersetzen. In Kühns Grundriß wird die allgemeine Zoologie in weitgehendem Maße nach den Bedürfnissen des Mediziners orientiert. Die vergleichende Anatomie wird auf die Darstellung einer Reihe von Organisationstypen reduziert, von denen gute schematische Bilder gegeben werden, von der beschreibenden Entwicklungsgeschichte nur das Allernötigste mitgeteilt, und das Hauptgewicht auf die Leistungen der Tiere gelegt. Reizphysiologie, Entwicklungsphysiologie und Mendelismus nehmen daher den meisten Platz ein.

Das Buch steht so in einem interessanten, für die augenblicklichen Strömungen in der Zoologie charakteristischen Gegensatz zu *Plates Allgemeiner Zoologie*. Dort wird das ganze gewaltige Tatsachenmaterial um das Problem der Abstammungslehre gruppiert, sie ist der lichtbringende Wegweiser durch die Fülle der Gestalten, hier steht das Tier als Objekt zum Experimentieren im Zentrum des Interesses, und das Kapitel über die Artbildung nimmt kaum soviel Platz in Anspruch als eines über Muskelbewegung oder Reizerscheinungen bei Einzelligen. Einer solchen Einstellung entspricht es auch, daß die Beziehungen zwischen Organisation und natürlichen Existenzbedingungen nicht zum Worte kommen.

Kühns Darstellung ist durchweg knapp und klar, die Bilder werden das Verständnis in hohem Maße erleichtern, und es wäre nur zu wünschen, daß recht viele Studenten, die sich auf die ärztliche Vorprüfung vorbereiten und denen die Lehrbücher der Zoologie zu umfangreich sind, sich lieber dieses Grundrisses bedienen als jener Repetitorien von zweifelhaftem Wert. Damit soll nicht gesagt sein, daß nicht auch weiteren, naturwissenschaftlich interessierten Kreisen hier eine bequeme Möglichkeit geboten ist, sich in Kürze mit den Ergebnissen der experimentellen Zoologie vertraut zu machen.

P. Buchner, München.

Nierstrasz, H. F., und G. Chr. Hirsch, Anleitung zu makroskopisch-zoologischen Übungen. Heft 1: Wirbellose Tiere. Jena, Gustav Fischer, 1922. VII, 103 S. 16 × 24 cm. Preis Gz. geh. 1,50; geb. 3,50.

Ein durchaus ungewöhnliches Buch. Ein zootomisches Praktikum ohne Abbildungen. Und zwar nicht aus erzwungenem Verzicht, sondern aus pädagogischer Absicht. Eine intensive Lehrmethode ist hier durchgeführt. „Die Aufgabe des Führers ist, sehen zu lehren“; die Arbeit soll zum Besitz einer lebendigen, dreidimensionalen Vorstellung vom Bau der Tiere und dem Zusammenhang ihrer Teile führen. Das ist erfahrungsgemäß nur dadurch sicher zu erreichen, daß möglichst alles vom Schüler selbst erarbeitet wird.

Daher wird eigentlich nur eine Anleitung zum Selbstentdecken und Selbstzeichnen gegeben. Dem Schüler wird die Arbeit schwer gemacht, er wird von Aufgabe zu Aufgabe geführt, die er selbst zu lösen hat. Immer wieder wird das Tier und jedes seiner Organe ihm von einer anderen Seite gezeigt, so daß er die Teile, die er aus einer Ansicht kennt, nun in einer anderen Ansicht wiederfinden und zeichnen muß. Die Anleitung ist im Telegrammstil gehalten. Sie besteht im wesentlichen aus den Anweisungen zur Präparation und Stichworten für die Reihenfolge der aufzusuchenden Teile. Die Beschreibung beschränkt sich auf das für das Aufsuchen Notwendige. Anweisungen zur Beobachtung der Tiere und ihrer Reaktionen im Leben und fortwährende Hinweise auf die Funktion der einzelnen Teile schlagen die Brücke zur Physiologie und verhüten ein Erstarren in rein stereometrischer Anschauung. Auf 100 Seiten werden in dieser Weise 14 Tiere aufs gründlichste durchgearbeitet, nämlich *Astacus fluviatilis*, *Carcinus maenas*, *Periplaneta orientalis*, *Lumbricus terrestris*, *Arenicola marina*, *Aphrodite aculeata*, *Hirudo medicinalis*, *Ascaris lumbricoides*, *Anodonta cygnea*, *Pleurobranchaea Meckeli*, *Helix pomatia*, *Alloteuthis subulata*, ein Cephalopod der Nordsee (es ist Wert darauf gelegt, möglichst nur Nordseetiere zu verwenden), *Echinus esculentus*, *Solaster papposus*.

Im ersten Augenblick sind sicher viele geneigt, an der Verwendbarkeit des Buches zu zweifeln. Dazu ist zu sagen, daß es die Erweiterung eines Privatdruckes darstellt, der sich seit Jahrzehnten in Utrecht bestens bewährt hat. Als Anleitung zum Selbststudium für den absoluten Anfänger ist es gewiß nicht geeignet. Dem nicht ganz Unvorbereiteten wird es bei allerdings großem Zeitaufwand dienen können, wenn er es in Verbindung mit einem Lehrbuch benutzt. In der Hand eines geschickten Lehrers aber ist es wohl geeignet, einem zootomischen Kursus ein Maximum an pädagogischem und didaktischem Erfolg zu sichern.

Nomenklatorisch möchte ich die Verwendung der Ausdrücke „proximal“ und „distal“ im Sinne von „vorne“ und „hinten“ am Tier beanstanden. Diese Ausdrücke bedeuten „nach dem Zentrum zu gelegen“ und „nach der Peripherie zu gelegen“ und sind in diesem Sinne allgemein gebräuchlich. Ferner kann ich nicht einsehen, warum „Arbeitsleistung“ statt „Funktion“ der Organe gesagt wird. „Arbeitsleistung“ hat einen speziellen physikalischen Sinn und „Funktion“ als allgemeine Bezeichnung wird von jedermann richtig verstanden. Die Verfasser zeigen doch auch sonst keine Scheu vor Fremdwörtern.

F. Süffert, Berlin-Dahlem.

Goldschmidt, Richard, Einführung in die Vererbungswissenschaft. Vierte verbesserte Auflage. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1923. XII, 547 S. und 176 Abb. 18 × 26 cm. Preis Gz. geh. 15,—; geb. 18,—.

Auch bei der Bearbeitung der vierten Auflage war der Verfasser bemüht, das Buch nach Kräften zu verbessern. In den meisten Abschnitten finden sich Änderungen, Zusätze und Streichungen, wie sie der neueste Stand unserer Kenntnisse zu erheischen schien. Größere Änderungen finden sich im letzten Drittel des Buches. Hier wurde der 13. Vorlesung ein neuer Abschnitt über Heterogamie, Luxurieren und Inzucht zugefügt. Die 16. Vorlesung enthält hauptsächlich eine neue Darstellung des Verhaltens der Speziesbastarde, an die sich jetzt gleich die Besprechung des *Onothera-falles* anschließt. Auch die 17. Vorlesung ist bis auf die Einleitung neu und gibt den jetzigen Stand des Mutationsproblems wieder. Aus dem Vorwort (Ausführliche Besprechung bleibt vorbehalten.)

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Neuere Beiträge zur Kenntnis der Bandenspektren.

Die theoretische Erforschung der Bandenspektren stößt insofern noch auf Schwierigkeiten, als die experimentelle Untersuchung der Spektren entweder nur auf die Ausmessung einiger weniger Teilbanden oder aber bei unaufgelösten Banden auf die Angabe der Kanten sich beschränkt. Systematisch untersucht und in seinem Serienaufbau im wesentlichen klargestellt war eigentlich bis jetzt nur das Bandensystem der violetten Cyanbanden. So ist es denn zu begrüßen, daß es gelungen ist, bei zwei weiteren Bandensystemen, nämlich beim Kupfer und beim Jod, den Serienaufbau festzustellen. Das Bandenspektrum des Kupfers (wegen des kleinen Trägheitsmomentes, $\Delta\nu = 14,0 \text{ cm}^{-1}$, kommt auch das Hydrid CuH als Träger in Betracht) hat sich im Aufbau als vollkommen identisch mit dem Cyanspektrum erwiesen, besitzt aber vor demselben den großen Vorteil, daß bei dem großen Linienabstand die Serien durch Überlagerungen wenig gestört sind und die Auflösung der Banden sich bis an die Kanten heran erstreckt. Ich beschränke mich hier auf die Wiedergabe der Formel für die Nulllinien. Näheres über dieses Spektrum wird später an anderer Stelle berichtet werden.

$$\nu = 23311,1 + n_1(1655,7 - 44,6 n_1) - n_2(1903,0 - 36,6 n_2)$$

Zu einem gänzlich anderen Typus, der aber unter den bekannten Bandenspektren häufig vertreten zu sein scheint, gehört das Absorptionsspektrum des Jods. Allerdings ist es eines der kompliziertesten und linienreichsten Spektren, die wir kennen; da aber gerade bei ihm eine große Reihe experimenteller Untersuchungen allgemeiner Art vorliegt, war eine systematische Ausmessung sehr wünschenswert. Ich konnte zunächst zwischen λ 5000 und λ 7000 A. E. 130 Kanten bei großer Dispersion (Rowlandsches Gitter) messen, die sich in 10 Serien einordnen ließen. Die Kantenserien zeigten dann wieder Zusammenhänge unter sich, so daß sämtliche Kanten des ganzen Bandensystems sich durch eine Deslandresche Formel darstellen ließen:

$$\nu = 16462,74 + n_1(126,52 - 0,852 n_1 - 0,0033 n_1^2) - n_2(218,43 - 0,571 n_2 - 0,0021 n_2^2)$$

Nach kürzeren Wellen rücken die Kanten so dicht zusammen, daß unterhalb λ 5000 eine Auflösung nicht mehr möglich ist und die Absorption kontinuierlich erscheint. Die Intensitätsverteilung im Bandensystem ist hier eine derartige, daß die Kanten mit mittleren Quantenzahlen (etwa $n_1 \sim 23$ und $n_2 \sim 5$) die stärksten sind, die Banden mit kleinen Quantenzahlen aber sind im Gegensatz zum Cyanspektrum, wo sie die intensivsten des Systems sind, mit merklicher Intensität nicht vorhanden. Auch der Aufbau der Banden selbst scheint ein anderer zu sein. Bisher ließen sich in jeder Bande entweder zwei Serien (sog. positiver und negativer Zweig) oder gar deren drei (negativer, positiver und Nullzweig) feststellen. Bei den hierauf untersuchten Banden des Jods war aber stets nur eine Serie aufzufinden (Nullzweig?).

Der Joddampf sendet nun auch ein Fluoreszenzspektrum aus, welches sich durch monochromatische Anregung bis auf einzelne Liniengruppen vereinfacht. Dieses sog. Resonanzspektrum, hauptsächlich von R. W. Wood untersucht, läßt sich in Serien mit der Formel:

$$\nu = \nu_0 - n_2(218,4 - 0,57 n_2 - 0,002 n_2^2)$$

einordnen, die also mit dem Endzustand der obigen Formel vollkommen identisch ist. Der Wert von ν_0 hängt selbstverständlich von der erregenden Linie ab. (Die grüne Quecksilberlinie, die in der Hauptsache für die Anregung in Betracht kam, fällt in die Kante $n_1 = 26$; $n_2 = 4$.) Dieses Resultat ist nun in doppelter Hinsicht interessant. Einerseits beweist es, daß das bisher nur aus einer Reihe von konstanten Schwingungsdifferenzen geschlossene Zuordnungsprinzip der Kanten und Linien in Serien auch aus rein physikalischen Gründen als das einzige richtige anerkannt werden muß, dann gestattet es aber auch Aufschlüsse über die Schwingungsvorgänge bei der Fluoreszenz zu geben. Bisher waren Fluoreszenz und Absorption nur rein qualitativ durch das Stokessche Gesetz miteinander verknüpft (fluoreszierendes Licht langwelliger als absorbiertes Licht), das aber, wie auch hier, eine Reihe von Ausnahmen aufwies. Die Übereinstimmung beider Formeln zeigt nun, daß der Träger der Fluoreszenz das absorbierende Jodmolekül ist, eine besondere Dissoziationserscheinung scheint also nicht mit der Fluoreszenz verknüpft zu sein. Trotz der Übereinstimmung der Serienformeln sind aber die Spektren keineswegs identisch. Das Stokessche Gesetz ist auch hier in der Hauptsache erfüllt. In Absorption sind z. B. nur die Serien $n_2 = 4$ bis $n_2 = 14$ zu beobachten, bei monochromatischer Fluoreszenzanregung hingegen treten Glieder von $n_2 = 0$ bis $n_2 = 31$ auf. Hierdurch erstreckt sich das Fluoreszenzspektrum bedeutend weiter nach langen Wellen zu und nur in unmittelbarer Nähe der erregenden Absorptionslinie stimmen beide Spektren überein. Auch die beobachteten „antistokesschen“ Glieder $n_2 = 0$ bis $n_2 = 31$ konnten in Absorption mit meßbarer Intensität nicht festgestellt werden. In bezug auf Einzelheiten sei auf die ausführliche Mitteilung in den Annalen der Physik Bd. 71 (Kayser-Festschrift) verwiesen.

Bonn, den 5. Juni 1923.

R. Mecke.

Über den Nachweis magneto-optischer Effekte in schwächsten Magnetfeldern.

Während die ursprüngliche klassische Theorie die magneto-optischen Effekte an Spektrallinien (Zeemaneffekt und seine Begleiterscheinungen) durch Beeinflussung der Elektronenbewegungen innerhalb des Atoms infolge der magnetischen Kräfte erklärt, führt die Quantentheorie diese Effekte — unter modifizierter Übertragung des bekannten Larmorschen Satzes über die Kreiselpräzession — auf die sogenannte „räumliche Quantelung“ zurück. Die Quantentheorie setzt das gesamte Impulsmoment eines Atoms gleich $\frac{n h}{2 \pi}$ und fordert für die räumliche Lage der Impulsachse relativ zur Richtung eines von außen wirkenden magnetischen Feldes ganz bestimmte diskrete Lagen. Das Vorhandensein dieser „Richtungsquantelung“ ist theoretisch unabhängig von der Stärke des magnetischen Feldes.

Bei dem Studium von magneto-optischen Effekten muß man sich darüber klar sein, daß das auf ein Atom einwirkende äußere magnetische Feld, dessen Wirkung dem Versuch unterliegen soll, in Konkurrenz tritt mit anderen Kräften, welche von magnetischen und elektrischen Feldern anderer, benachbarter Atome herkommen. Dies macht sich vor allem geltend, wenn es sich um das Verhalten von Atomen in sehr schwachen Feldern handelt. Gerade dieser Fall ist aber von besonderem Interesse, weil, wie oben gesagt, die Quanten-

theorie fordert, daß auch für die schwächsten Felder noch vollständige räumliche Quantelung vorhanden ist, wenn alle störenden fremden Felder ausgeschaltet sind. Solche Bedingungen lassen sich realisieren durch die Untersuchung der *Absorption in Dämpfen von sehr niedrigem Dampfdruck bei vollständiger Abwesenheit fremder Gase*. Wir haben unter solchen Bedingungen die Drehung der Polarisationssebene in der unmittelbaren Nähe der beiden *D*-Linien des Natriums im longitudinalen Felde beobachtet. Hierbei ergab sich, daß schon in Feldern von der Größenordnung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus ein müheloses wahrnehmbarer Effekt auftritt.

Versuch: Linear polarisiertes kontinuierliches Licht fällt durch Natriumdampf und einen Analysator Nicol auf den Spalt eines Spektrographen mittlerer Dispersion (Trennung der *Na-D*-Linien in unserem Instrument etwa $\frac{1}{10}$ mm). Der Natriumdampf befindet sich in einem dauernd mit der Pumpe verbundenen sehr gut gereinigten Glasröhrchen mit aufgeblasenen Enden zur guten Durchsicht; die Verbindung mit der Pumpe ist wichtig, weil auch kleine Spuren von aus Na freierwandelndem Wasserstoff stören. Das Röhrchen wird elektrisch (bifilare Wicklung und Wechselstrom) erhitzt, seine Temperatur wird mit einem an der kältesten Stelle des Röhrchens (einem angeblasenen Ansatz, der auch den Bodenkörper enthält) anliegenden Thermoelement gemessen.

Der Analysator Nicol wird zur Schwingungsrichtung des einfallenden Lichtes gekreuzt, so daß das Gesichtsfeld des Spektrometers möglichst vollkommen verdunkelt ist. Erzeugt man am Ort des Röhrchens ein longitudinales Magnetfeld, d. h. Kraftlinienrichtung parallel zur Beobachtungsrichtung, so erscheinen an der Stelle der *D*-Linien zwei helle Linien. Infolge der Drehung der Polarisationssebene wird nämlich die unmittelbare Umgebung der *D*-Linien aufgehellt, infolge der kleinen Dispersion natürlich nicht von den *D*-Linien selbst zu unterscheiden. Bei einer Dampfdichte des Natriums von 10^{-5} mm erhält man eine eben merkliche Aufhellung in Feldern von einigen Gauß. Die Stärke der Aufhellung wächst zunächst mit zunehmender Dampfdichte, sie wird auch bei immer kleineren Feldern sichtbar. Im Druckbereich von 8×10^{-3} bis 16×10^{-3} mm läßt sie sich ziemlich mühelos noch bei Feldern von wenigen Zehntel Gauß beobachten. Nimmt die Dampfdichte weiter zu, so wird das niedrigste Feld, durch welches schon Aufhellung eintritt, wieder höher; z. B. ist bei 70×10^{-3} mm und Feldern unter 1,2 Gauß nichts mehr zu sehen. Auch minimale Spuren fremder Gase (H_2 , N_2) genügen, um die untere Grenze des Auftretens der Drehung der Polarisationssebene merklich heraufzusetzen. Jedoch ist bemerkenswert, daß Zusatz fremder Gasatome einen viel geringeren Einfluß hat als Erhöhung der Dampfdichte, obwohl dann entsprechend der größeren Zahl der Natriumatome eine stärkere Aufhellung zu erwarten wäre. So entsprach, nach dem Betrag der Aufhellungsabschwächung beurteilt, eine Zunahme des Dampfdrucks von 12×10^{-3} auf 70×10^{-3} mm einem H_2 -Zusatz von 3 mm H_2 zu Natriumdampf von 12×10^{-3} mm. Über diese Frage soll an anderer Stelle mehr gesagt werden.

Durch Verwendung längerer Natriumdampfschichten wird sich das untere Grenzfeld noch weiter herabsetzen lassen. Mit einer Schicht von 6 cm Länge beobachtet man noch die Drehung, welche durch einen kleinen Stabmagneten oder einen Schlüsselbund in einigen Zentimetern Entfernung vom Röhrchen bewirkt wird!

Wir haben auch nach dem entsprechenden Transversaleffekt, der Doppelbrechung in unmittelbarer Nähe der Absorptionslinie (Voigt-Wiechertsche Doppelbrechung) in schwachen Feldern gesucht und denselben schon in Feldern von der Größenordnung 2000 Gauß (mittels Babinet und Nicol) photographieren können. Unter 1000 Gauß ließ er sich mit unserer Anordnung nicht mehr gut beobachten; das ist verständlich, da dieser Effekt an sich viel schwächer ist und außerdem mit dem Quadrat der Feldstärke abnimmt.

Es scheint uns für die quantentheoretische Deutung der genannten Effekte von prinzipieller Bedeutung zu sein, daß die theoretische Annahme der Erhaltung der räumlichen Quantelung in schwächsten Feldern („Limes Kraft = Null“ s. A. Sommerfeld, Atombau, III. Aufl., S. 302) bei Abwesenheit störender Felder experimentell erwiesen ist.

Frankfurt a. M., den 6. Juni 1923.

W. Gerlach. W. Schütz.

Zur Kenntnis des Kombinationsprinzipes.

In den Linienspektren kombinieren die Terme mp der Hauptserienfolge mit denen ns der Folge der II. N.S. in jeder möglichen Weise. Alle Linien, deren Wellenzahlen durch $\pm (mp - ns)$, $m = 2, 3, 4, \dots$, $n = 1, 2, 3, \dots$ gegeben sind, existieren unter gewöhnlichen Bedingungen der Leuchterregung. Ist $mp > ns$, so gehört die Linie einer II. N.S. an, im umgekehrten Falle einer Hauptserie. Lange bekannt sind:

die stärkste II. N. S. $2p - ns$; $n = 2, 3, 4, \dots$

H. S. $1s - mp$; $m = 2, 3, 4, \dots$

Man kann auch eine Linie $mp - ns$ (oder $ns - mp$) festgehalten denken, falls der Wert des Terms mp zwischen $(n-1)s$ und ns (oder zwischen ns und $(n+1)s$) liegt. An diese als Grundlinie schließt an: erstens eine II. N.S. mit der Grenze mp und den kleineren Termen der *s*-Folge, zweitens eine H.S. mit der Grenze ns und den kleineren Termen der *p*-Folge. $1s - 2p$ wäre so die Grundlinie der stärksten II. N.S. und zugleich der stärksten H.S. Nach Bohr würde sie nur zur H.S. gehören. Aber die letzte Formulierung ist die einfachste des sogenannten Rydberg-Schusterschen Gesetzes, daß die Differenz der Grenzen von H.S. und II. N.S. gleich der Grundlinie der H.S. ist.

Die Terme der Hauptserienfolge mp kombinieren auch mit den Termen nd der I. N.S.-Folge. Doch waren von solchen Kombinationen bisher nur Nebenserien bekannt, deren stärkste die I. N.S. ist:

$2p - nd$; $n = 3, 4, 5, \dots$

Eine Hauptserie dazu, deren stärkste wäre:

$3d - mp$; $m = 4, 5, 6, \dots$

war bisher nicht mit Sicherheit bekannt.

In letzter Zeit sind Tatsachen bekannt geworden, aus denen folgt, daß solche Hauptserien unter gewöhnlichen Leuchtbedingungen vorhanden sind, und daß weiter außer den Bergmannserien $nd - mf$, deren stärkste wäre:

$3d - mf$; $m = 4, 5, 6, \dots$ ¹⁾

auch Serien $mf - nd$, sie seien „Umkehrungsserien“ genannt, unter gleichen Leuchtbedingungen existieren. Die stärkste wäre:

$4f - nd$; $n = 5, 6, 7, \dots$

¹⁾ Diese und die stärkste H.S. zur I. N.S. haben wieder wie zwei Nebenserien die gleiche Grenze.

Ferner gibt es die Serie:

$$4f - mf'; \quad m = 5, 6, 7, \dots$$

und die Umkehrungsreihe dazu

$$5f' - mf; \quad m = 6, 7, 8, \dots$$

so daß allgemein die Serien

$$\pm(nf - mf'); \quad n = 4, 5, 6, \dots; \quad m = 5, 6, 7, \dots$$

existieren. Bekanntlich werden diese verschiedenen Termfolgen eines Spektrums nach A. Sommerfeld durch verschiedene Werte k der azimuthalen Quantenzahl unterschieden. Ein Term einer Serienfolge ist gekennzeichnet durch die Hauptquantenzahl n , welche in der Termfolge alle ganzen Zahlen von k an durchlaufen kann, und durch k , indem man ihn als einen n_k -Term bezeichnet. So bezeichnet N. Bohr

eine Folge von $ns \ np \ nd \ nf \ n'f$ -Termen als eine solche von $n_1 \ n_2 \ n_3 \ n_4 \ n_5$ -Termen. Der Index gibt die von Sommerfeld gewählten und allgemein angenommenen Werte der azimuthalen Quantenzahlen obiger Termfolgen an.

Nach dem allgemeinen Kombinationsprinzip von W. Ritz gibt die Differenz je zweier beliebiger Terme dieser Folgen eine existenzfähige Linie in Übereinstimmung mit vielfältiger Erfahrung. Unter regelmäßiger Leuchterregung z. B. in der positiven Lichtsäule einer Gasentladung oder in der Mitte eines mit schwachem Strome brennenden Bogens und bei Ausschaltung elektrischer Felder gilt aber die von N. Bohr aus seinem Korrespondenzprinzip erschlossene Auswahlregel der azimuthalen Quantenzahlen, nach welcher k nur um eine Einheit geändert werden kann. Danach erscheint unter zwangloser Leuchterregung sowohl die Linie $n_k - n'_{k+1}$ wie diejenige $n_k - n'_{k-1}$. Dies bedeutet gerade, daß außer den gewöhnlichen und bisher bekannten Serien auch ihre „Umkehrungsreihen“ zu erwarten sind, und daß überall dieselben Verhältnisse obwalten, welche für die H.S. und II. N.S. lange bekannt sind.

Daß die Umkehrungsreihen, z. B. die Hauptserie zur I. N.S., bisher nicht oder nicht schlußkräftig beobachtet worden sind, liegt daran, daß dieselben bei Bogenspektren meist im Ultraroten liegen, wo bisher nur spärliche Beobachtungen der stärksten Linien vorliegen. Es wird z. B. die Serie $3d - mp$ ihre Grenze $3d$ bei einer Wellenzahl zwischen 12 202,5 (Li I) und 16 809 (Cs I) haben. Ihre stärksten Linien liegen bei: für Li I $\nu = 12202,5 - 7017 = 5185,5$ $\lambda_L = 19279,2 \text{ \AA. E.}$ für Cs I $\nu = 16809 - 9461 = 7348$ $\lambda_L = 13604 \text{ \AA. E.}$ Diese stärkste Linie ist tatsächlich in einzelnen Fällen beobachtet, z. B. in den Spektren der Alkalien, aber die folgenden der Serie waren schon zu schwach.

Die neuen Beobachtungen, durch welche die Existenz dieser Hauptserie zur I. N.S. und anderer solcher Umkehrungsreihen offenbar geworden ist, sind folgende: F. A. Saunders²⁾ findet im Bogenspektrum Ca I des Calciums außer der starken I. N.S. einfacher Linien $2P - mD$:

$$\text{Grenze } 2P = 25\,652,4.$$

$m =$	3	4	5	6	7
$\lambda_L =$	(55 481)	7 326,1	5 188,85	4 685,26	4 412,30
$\nu =$	(1802,9)	13 646,1	19 266,9	21 337,7	22 657,7
$mD =$	27 455,3	12 006,3	6 385,5	4 314,7	2 994,7

die Hauptserie $3D - mP$ dazu:

$$\text{Grenze } 3D = 27\,455,3.$$

$m =$	2	3	4	5
$\lambda_L =$	(55 481)	6 717,69	5 041,61	4 526,94
$\nu =$	(1 802,9)	14 882,0	19 829,5	22 083,9
$mP =$	25 652,4	12 573,3	7 625,8	5 371,4
$m =$	6	7	8	9
$\lambda_L =$	4 240,46	4 058,91	3 946,05	3 871,54
$\nu =$	23 575,8	24 630,4	25 334,8	25 822,2
$mP =$	3 879,5	2 824,9	2 120,5	1 633,1

Diese beiden Serien würden an die Linie 55 481 Å.E., welche noch nicht nachgewiesen ist, als I. N.S. und H.S. anschließen. Die analoge Serie hat Saunders auch im Spektrum Ba I nachgewiesen. Der Nachweis in diesen beiden Fällen war dadurch ermöglicht, daß diese Serien im Sichtbaren liegen, indem ihre Grenzen, also die Terme $3D$, außergewöhnlich hohe Werte besitzen, nämlich 27 455 bei Ca I, 30 634 bei Ba I.

Auch in den Tripletsystemen dieser Spektren ist der Term $3d$ von solcher Größe, daß die Hauptserie zur I. N.S. im Sichtbaren vorhanden sein sollte. Indessen sind in diesen Fällen die Beobachtungen und deren Diskussionen noch unzulänglich. Es ist nicht einmal die gewöhnliche Hauptserie sicher erkannt. Immerhin sind im Falle Ca I und auch Sr I und Ba I einzelne Glieder $n d_1 - m p_1$ einer H.S. zur I. N.S. nach den Zeemaneffekten ihrer Linien oder nach dem Bau ihrer Gruppen nachgewiesen, deren Einordnung in die Serie noch aussteht.

Im Spektrum Al III³⁾ des einfach ionisierten Aluminiums ist die Hauptserie $3d_1 - m p_1$ mit 5 Gliedern beobachtet. Sie läuft parallel der ebenfalls beobachteten Hauptserie $4s - m p_1$ im Abstände $4s - 3d_1$ und hat stärkere Tripletgruppen als letztere. Auch von der Serie $4d_1 - m p_1$ ist ein Glied nachgewiesen.

Die Leuchtbedingungen, unter denen dieses Spektrum erscheint, schließen stärkere elektrische Felder völlig aus.

Im Spektrum Al III⁴⁾ des zweifach ionisierten Aluminiums habe ich außer dem starken Paare $3d_1 - 4p_1$ 3601–3612 Å.E. neuerdings ein Paar gefunden, welches anfangs wegen naher Koïncidenz mit Verunreinigungen übersehen war, nämlich:

Int.	λ_L	ν	Komb.
4	3350,875	29 834,40	$4d_2 - 6p_2$
5	3348,43	29 856,27	$4d_1 - 6p_1$

Es ist wahrscheinlich, daß die unter „Komb.“ angegebene Deutung zutrifft. Die Termwerte $6p_1$ fügen sich gut in die $m p_1$ -Folge, und die Schwingungsdifferenz des Paares hat die erwartete Größe. Weitere Glieder solcher Hauptserien liegen bei Al III nicht in dem beobachteten Spektralgebiete oder können dort nicht mehr intensiv genug erwartet werden.

Diese Hauptserien können bei Al II oder Al III vollständig oder mit einzelnen Gliedern beobachtet werden, weil hier die Terme $3d_1$ genügende Größe haben, und weil daher im Sichtbaren oder Ultraviolett Linien derselben liegen. Al II ist ja ungefähr das Spektrum Mg I mit vervierfachten Termen, also in vierfacher Vergrößerung, und dabei bedeutend nach Violett verschoben. Al III enthält, roh gesagt, verneunfachte Na I-Terme, gibt also noch mehr nach Violett verschoben das Na I-Spektrum in neunfacher Vergrößerung ungefähr wieder.

Im Falle des Spektrums Al III sind weiter erkannt außer den Serien $3d_1 - m f_3$, $4d_1 - m f_3$ und

²⁾ F. A. Saunders, Astrophys. Journ. 52 (1920), S. 385.

³⁾ F. Paschen, Ann. d. Phys. 71 (1923), S. 537.

⁴⁾ F. Paschen, Ann. d. Phys. 71 (1923), S. 142.

$5d_i - m f_j$ auch die Umkehrungsseries, nämlich $4f_j - m d_i$, $5f_j - m d_i$, ferner außer den Serien $4f_i - m f'_j$ und $5f_i - m f'_j$ auch die Linie $5f' - 7f$.

Diese Kombinationen würden im ultraroten Bezirke des Na-I-Spektrums liegen. Wir dürfen nach diesen Tatsachen annehmen, daß die ultraroten Bogenspektren der Alkalien alle erwähnten Serien $n_k - n_{k-1}$ führen, und weiter, daß allgemein, wie oben ausgeführt ist, alle mit der Auswahlregel *Bohrs* verträglichen Kombinationen in den Spektren vorhanden sind. Die Hauptserie zur I.N.S. ist, wo sie nachgewiesen werden konnte, ebenso intensiv oder intensiver als die gewöhnliche H.S.

Die Existenz dieser dem Theoretiker gewiß nicht unerwarteten Verallgemeinerung des Kombinationsprinzips glaubte ich einmal feststellen zu sollen, obwohl sie auch für mich nichts besonders Neues enthält.

Tübingen, den 7. Juni 1923. F. Paschen.

Ich wünschte, *Paschen** würde seine interessante Mitteilung zur Kenntnis des Kombinationsprinzips dahin erweitern, daß er uns die experimentelle Bedeutung der Auswahlregel *Bohrs* auseinandersetze. Tatsächlich kommen doch z. B. bei Lithium und Natrium die Serien $2p - mp$ vor, die der Auswahlregel *Bohrs* widersprechen. Es genügt doch nicht einfach zu sagen, normalerweise kommen sie nicht vor. Alle schwächeren Linien kommen normalerweise nicht vor, wenn nämlich das Licht nicht intensiv genug oder die Beobachtungsmittel nicht fein genug sind.

Wie weit ist es festgestellt, daß die der Auswahlregel widersprechenden Kombinationen nur bei Anwendung sehr starker elektrischer Felder zur Erscheinung gebracht und nicht nur dadurch verstärkt werden?
Göttingen, den 22. Juni 1923. C. Runge.

Zur Hydrodynamik der Infusorien.

Zu den Metznerschen Ausführungen über die Bewegungsphysiologie niederer Organismen in Heft 20 und 21 der „Naturwissenschaften“, die ich mit größtem Interesse gelesen habe, sei mir vom Standpunkt der Hydrodynamik die folgende Bemerkung gestattet.

Wenn man erreichen will, daß bei einem Versuch mit einem vergrößerten (oder verkleinerten) Modell eine mit der ursprünglichen vergleichbare Bewegung entsteht, so muß man dafür sorgen, daß die aus der Massenträgheit der Flüssigkeit resultierenden Kräfte und die durch die Zähigkeit der Flüssigkeit hervorgerufenen am Modell im selben Verhältnis zueinander stehen, wie am Original. Von dieser „Modellregel“ sind Ausnahmen nur insoweit zulässig, als durch nähere Untersuchungen festgestellt wird, daß der eine der beiden Einflüsse gegen den andern belanglos klein ist; in einem solchen Fall kommt es natürlich nicht mehr darauf an, ob der belanglose Teil $1/1000$ oder $1/100000$ des anderen ist. Soweit verschiedene Flüssigkeiten miteinander zu vergleichen sind, wird das Verhältnis der Zähigkeitswirkungen zu denen der Massenträgheit, gemessen durch die „kinetische Zähigkeit“ ν , die definiert ist als Quotient des Zähigkeitskoeffizienten und der Dichte der Flüssigkeit¹⁾. Die Dimension dieser Größe ist $(\text{Länge})^2/\text{Zeit}$. Bedeutet l eine maßgebende Länge an dem zu untersuchenden Objekt und l' die entsprechende Länge am Modell, ferner t eine maßgebende Zeit am Objekt, z. B. die Schwingungszeit, t' die entsprechende Zeit am

¹⁾ Vgl. z. B. Handwörterbuch der Naturw., Artikel „Flüssigkeitsbewegung“.

Modell, so besagt die Modellregel, daß vergleichbare Zustände dann eintreten, wenn

$$\frac{\nu t}{l^2} = \frac{\nu' t'}{l'^2}$$

Die angeschriebenen Ausdrücke sind dimensionslos, d. h. sie sind reine Zahlen, wie es für das Verhältnis zweier gleichartiger Größen, hier Kräfte, sein muß. (Aus der Forderung, daß sich reine Zahlen ergeben müssen, läßt sich die Modellregel geradezu herleiten.)

Wir wollen diese Regel nun in der Weise anwenden, daß wir von der Infusorienwimper ein Modell im Maßstabe 10 000 : 1 machen. Eine Wimper von 5 μ Länge würde dabei durch ein Modell von 5 cm Länge wiedergegeben werden. Nehmen wir in beiden Fällen dieselbe

Flüssigkeit ($\nu' = \nu$), so ist $\frac{t'}{t} = \left(\frac{l'}{l}\right)^2$ zu setzen, d. h.

die Schwingungszeit des Modells müßte hundertmillionenmal so groß wie die des Originalobjektes gewählt werden. Wir wollen, um die Zeiten etwas zu verkleinern, für das Modell eine viel zähere Flüssigkeit wählen, z. B. statt Wasser das (bei 20° C) 680mal zähere Glycerin. Dann wäre $\frac{t}{t'} = \frac{10000^2}{680} \approx 147\,000$.

Nimmt man, entsprechend den raschesten von *Metzner* beschriebenen Objekten, eine Schwingungszeit von rund $1/40$ Sek. an, so kommt man beim Modell auf 3680 Sek., also rund eine Stunde Schwingungszeit! In Glycerin eine Stunde für eine Schwingung, das heißt aber, daß die Trägheit praktisch völlig aus dem Spiel bleibt, und nur die Zähigkeit eine Rolle spielt! Deshalb können wir uns auch, da hier die eingangs erwähnte Ausnahme vorliegt, nachträglich von der Modellregel frei machen. Wahrscheinlich kann man in Glycerin, ohne daß Trägheitseinflüsse stören werden, bei der angegebenen Modellgröße bis auf 10 oder 20 Schwingungen in der Minute gehen.

Die Bewegungen einer sehr zähen Flüssigkeit sind noch sehr wenig erforscht, so daß zurzeit von einem exakten Standpunkt aus keine bestimmte Antwort darüber erteilt werden kann, wie die Wirksamkeit der Wimper- und Geißelbewegung für die Fortbewegung zu verstehen sei. Sicher ist nur, daß alle Widerstände hier proportional der ersten Potenz der Geschwindigkeit sind, und daß alle Erklärungen, die einen Widerstand proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit zugrunde legen, entschieden fehlerhaft sind. Demnach sind Unterschiede in der Schnelligkeit der Hin- und Rückbewegung der Wimper für das Vorwärtskommen gänzlich wirkungslos, da bei Erhöhung der Geschwindigkeit die Kraft in demselben Verhältnis zunimmt, in welchem die Bewegungszeit abnimmt. Die Erklärung der Wirksamkeit der Wimperbewegung muß daher in einer andern Richtung gesucht werden. Gemäß der von Herrn *Metzner* gegebenen Beschreibung ist die Wimper beim Rückschlag ziemlich lang ausgestreckt, bei der Vorbewegung aber stark an den Körper herangebogen. Dies führt zu der Vermutung, daß in einem sehr klebrigen Medium, wie es Wasser für Geschöpfe von Infusoriendimensionen ist, eine um so größere Verschiebungswirkung durch ein seitlich herausgestrecktes Organ erreicht wird, je weiter ab vom Körper die Bewegung ausgeführt wird. Diese Auffassung läßt sich, wie ich glaube, auch theoretisch verstehen. Die Entscheidung durch zweckmäßig angeordnete Versuche dürfte nicht allzu schwer sein.

Göttingen, den 13. Juni 1923.

L. Prandtl.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 29. (Seite 641—656.)

20. Juli 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Über die Entzündung. Von *Ludwig Aschoff*,
Freiburg i. Br. S. 641.

Atmungsregulation und Reaktionsregulation.
Von *Hans Winterstein*, *Rostock*. (Schluß.) S. 644.

Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-
gesellschaft. S. 652.

Besprechungen:

Oppenheimer, Carl, und Otto Weiß, Grundriß

der Physiologie für Studierende und Ärzte.
I. Teil, Biochemie. II. Teil, Biophysik. Von
Fritz Wrede, *Greifswald*. S. 656.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes
beim Phototropismus der Pflanzen. Von
E. G. Pringsheim, *Prag*. S. 656.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Atmungs-Pathologie und -Therapie.

Von

Dr. Ludwig Hofbauer.

Mit 144 Textabbildungen. (XII, 336 S.) 1921.

G. Z. 12

Die Grundzahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreise und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W. 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 8000.— M. für Juli 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 2500.—.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 11. Juli 1923: 15 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9; Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-
Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20320 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen

unter Mitwirkung von zahlreichen Gelehrten

herausgegeben von

Professor Wilhelm Roux

Soeben erschien:

Heft 32: **Formen und Kräfte in der lebendigen Natur.** Beitrag VII zur synthetischen Morphologie. Von Prof. Dr. Martin Heidenhain, Vorstand des Anatomischen Instituts zu Tübingen. Mit 22 Abbildungen. 1923. GZ. 5,6

Inhaltsübersicht:

I. Hauptteil: Die aequipotentiellen Systeme und die analytische Theorie der Entwicklung von Driesch: A. Historische Einleitung; Zellenlehre und Totalitätsidee, analytische und synthetische Auffassung. B. Die Untersuchungen am Seeigelkeim. C. Die aequipotentiellen Systeme der Speicheldrüsen. D. Parallelen zwischen den aequipotentiellen Systemen des Echinidenkeimes und der Speicheldrüsen. E. Zur Kritik der aequipotentiellen Systeme. F. Die „Funktion der Lage“.

II. Hauptteil: Die Beziehung zwischen Formen und Kräften in der lebendigen Natur: G. Einleitung; Mosaikarbeit und korrelative Entwicklung. H. Ableitung und nähere Kennzeichnung der korrelativen Wirkungen innerhalb der Zellen. I. Die syntonischen oder korrelativen Wirkungen innerhalb der geweblichen Systeme. K. Erscheinungen der Polarität. L. Der Begriff der Potenz. M. Schluß.

Heft 31: **Die Geltung der von W. Roux und seiner Schule für die ontogenetische Entwicklung nachgewiesenen Gesetzmäßigkeiten auf dem Gebiete der phylogenetischen Entwicklung.** Ein Beitrag zur Theorie der Stammesentwicklung (Theorie des phylogenetischen Wachstums) von Hermann Kranichfeld. 1922. GZ. 4,5

Heft 30: **Die Prinzipien der Streifenzeichnung bei den Säugetieren.** Abgeleitet aus Untersuchungen an den Einhufern von Dr. phil. et med. Hans Krieg in Tübingen. Mit 58 Abbildungen im Text. 1922. GZ. 5

Heft 29: **Die allgemeine Biologie als Lehrgegenstand des medizinischen Studiums.** Ein Gutachten vorgelegt den Regierungen Mitteleuropas von Professor Dr. Vladislav Růžicka in Prag. 1922. GZ. 1,5

Heft 28: **Über die Vorstellbarkeit der direkt bewirkten Anpassungen und der Vererbung erworbener Eigenschaften durch das Prinzip der virtuellen Verschiebungen.** Ein Beitrag zur theoretischen Biologie von Dr. Otto Jackmann in Sangerhausen. Mit 15 Abbildungen im Text. 1922. GZ. 5

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Über die Entzündung.

Von Ludwig Aschoff, Freiburg i. Br.

Auf der letzten Tagung der Deutschen pathologischen Gesellschaft stand das Thema „Entzündung“ zur Diskussion. Die lebhaften Erörterungen, welche diese Frage in den letzten Jahren innerhalb des Kreises der deutschen Pathologen hervorgerufen hatte, war die Veranlassung dazu. Man kann nicht behaupten, daß eine vollkommene Klärung erzielt worden wäre. Doch scheinen mir die Vorträge von *Lubarsch* und von *Röbke*, welcher letzterer die vergleichende Pathologie der Entzündung unter Hinweis auf das große Lebenswerk *Metschnikoffs* in vorbildlicher Anschaulichkeit behandelte, einen merkbaren Fortschritt auf dem Wege zur Verständigung darzustellen. *Lubarsch* macht dem funktionellen Begriff wesentliche Zugeständnisse und *Röbke* geht ganz und gar von einer funktionellen Bedeutung des Entzündungsprozesses aus. Für die französischen und englischen und für die von diesen Schulen beeinflussten Pathologen wird dieser Streit um den Begriff der Entzündung, wie er jetzt in Deutschland wieder aufgelebt ist, unverständlich erscheinen. Sie sind unter dem Einfluß von *Metschnikoffs* Lehre viel mehr als wir gewöhnt, die Vorgänge im Organismus nicht nur rein morphologisch, sondern auch funktionell zu betrachten. Da ich selbst einst die Vorlesungen von *Metschnikoff* hörte, haben sich mir seine Auffassungen, die sich auf so umfassenden Kenntnissen der Pathologie der gesamten Lebewelt aufbauten, unvergänglich eingeprägt. Für mich war daher die funktionelle Betrachtung der Entzündung, wie bei allen den Autoren, die sich eingehend mit *Metschnikoffs* Lehre beschäftigen haben, selbstverständlich. Sie bildeten für mich eine wertvolle Ergänzung nicht nur zu der Immunitätstheorie *Ehrlichs*, sondern zu der vorwiegend morphologisch-histologisch eingestellten pathologischen Anatomie in Deutschland überhaupt. Die ursprüngliche Einseitigkeit, welche der Phagozytenlehre *Metschnikoffs* anhaftete, sehen wir in seinem Buch über die Immunität wesentlich gemildert. In letzterem konnte man eine förmliche Illustration zu der Virchowschen Lehre, welche unter Entzündung eine durch materielle Schädigung hervorgerufene reaktive Äußerung des Organismus verstand, erblicken. Die gerade von *Virchow* betonte funktionelle Bedeutung der entzündlichen Prozesse war unter dem Einfluß der hauptsächlich morphologischen Bearbeitung der Entzündungsphänomene ganz in den Hintergrund getreten, wenn auch von einzelnen deutschen Pathologen

und Klinikern, so vor allem von *Neumann*, *Marchand*, *Hauser*, *Ribbert* das Zweckmäßige oder Sinnvolle der Entzündung immer betont worden war. Ich brauchte daher nur an diese Autoren anzuknüpfen, wenn ich, auch von meiner Seite, den funktionellen Gedanken wieder in den Vordergrund schob.

Die Bilder, unter welchen sich dieser von *Virchow* so gut charakterisierte Erregungszustand äußert, sind sehr verschieden. Sie geben in ihrer vollen Ausprägung den bekannten klinischen Symptomkomplex des *Rubor*, *Kalor*, *Tumor* und *Dolor*, an dessen Stelle unter dem Einfluß der histologischen Färbung der morphologische Symptomkomplex der *Alteration*, *Exsudation* und *Proliferation* treten sollte. Man erblickte also in der Entzündung einen komplexen, durch verschiedene Merkmale charakterisierten Vorgang, den man als etwas Besonderes aus der ganzen Pathologie heraushob. Da aber die Symptome, auch die morphologischen, nicht immer gleich scharf ausgeprägt waren, das eine oder andere Symptom sogar fehlen konnte, so fand bei dieser rein symptomatischen Betrachtung der Streit, was man noch als Entzündung bezeichnen sollte, was nicht, kein Ende. Man rechnete „kalte phthisische Abscesse“ ebenso gut zu Entzündung, wie man umgekehrt eine „Entzündung“ des gefäßlosen Knorpels ablehnen zu müssen glaubte. Die Einseitigkeit in der Bewertung einzelner Symptome wurde immer größer und gipfelte schließlich in der Lehre, daß man nur dort, wo *Leukozyten* auswanderten, von Entzündung sprechen dürfte. Diese ganzen Schwierigkeiten kamen daher, daß man eben einen ursprünglich rein nach gebrauchten Merkmalsausdruck, wie den der Entzündung, in eine Periode hinüber retten wollte, wo entweder eine rein kausale, exakt naturwissenschaftliche oder eine ätiologische oder eine morphologisch-funktionelle Betrachtungsweise geboten schien. Jedenfalls war der Begriff „Entzündung“, auch wenn man aus ihm schon bei seiner Schöpfung einen funktionellen Unterton heraushören wollte, nämlich den der besonderen Erregung, kein physiologischer, sondern ein klinisch-pathologischer.

Es gibt heute kein pathologisch-anatomisches Lehrbuch mehr, welches die Krankheiten nur nach äußeren Merkmalen behandeln und einteilen wollte. Es gibt umgekehrt noch kein Lehrbuch der pathologischen Anatomie, welches rein kausal, d. h. in exakt naturwissenschaftlicher Verknüpfung alle krankhaften Vorgänge zu erklären

vermöchte, so sehr dieses Ziel erstrebenswert erscheint (*Rickert*). Auch wird uns eine solche rein kausale Betrachtung kein Einteilungsprinzip für diejenigen Vorgänge geben, die den Arzt am meisten interessieren, nämlich eben die „krankhaften“. Die rein kausale Betrachtung weiß mit dem Begriff der Erkrankung, des Krankheitsprozesses, der Genesung, nichts anzufangen. Das alles sind biologische, d. h. organismische Begriffe, die der exakten Naturwissenschaft, der rein kausalen Betrachtung unangepaßt sind. Aber der Arzt, der es mit dem Wertobjekt „Leben“ und „Gesundheit“ zu tun hat, kann auf die biologische Betrachtung nicht verzichten. Er braucht sie besonders für diejenigen Gebiete, wo die rein naturwissenschaftliche kausale Betrachtung uns ganz im Stiche läßt, nämlich für das Gebiet der Psyche. Wenn der Arzt daher neben seiner ärztlichen Kunst die Wissenschaft pflegen, sie zur Grundlage seines ärztlichen Handelns machen muß, so wird er nicht nur exakte Naturwissenschaft, sondern auch biologische Wissenschaft treiben müssen. Die eine dient ihm zur physikalisch-chemischen Erklärung der von ihm beobachteten Phänomene, die andere zur objektiven, d. d. auf Erfahrung gegründeten Wertung derselben für den Organismus, um dessen Existenz und Wohlergehen sich alles ärztliche Denken und Handeln dreht.

Schon daraus ergibt sich, daß für die ärztliche Ausbildung beide Wissenschaften, die exakte Naturwissenschaft (Mathematik, Physik, Chemie) wie auch die biologische Wissenschaft (allgemeine Pflanzen- und Tierbiologie) gleich unentbehrlich sind. Die exakten Naturwissenschaften sind nicht in der Lage, für biologische Vorgänge die nötigen Begriffe zu bilden. Das kann nur die Biologie selbst. Will man also die biologischen Vorgänge sowohl die des gesunden, wie die des kranken Lebens genauer bezeichnen, von einander trennen und gliedern, so bleibt nur die Beziehung auf das Ganze, die organismische Betrachtung übrig. Wachstum, Vererbung, Differenzierung Gesundheit und Krankheit, Leben und Tod, Affektion, Regeneration, Reparation, Anaphylaxie und Immunität sind solche organismischen Ausdrücke, deren der Arzt nicht entraten kann, wenn er sich über sein Objekt, den gesunden und kranken Menschen, mit einem andern Arzt verständigen will. Daß die Biologie zur *Erklärung* ihrer Phänomene der exakten Naturwissenschaft bedarf, daß also in der Medizin zwei Wissenschaften zur engsten Zusammenarbeit genötigt sind, ist selbstverständlich. Das bedeutet nur für den, der die Stellung der einzelnen Wissenschaften im Gesamtplan derselben nicht versteht, eine Verwirrung oder eine Gefahr, für den Einsichtigen nur die gern ergriffene Möglichkeit genauerer Ausdrucksweise und richtiger Problemstellung. Ist doch auch die Chemie auf die Physik und sind doch beide schließlich auf die Mathematik angewiesen. Auch

Physik und Chemie sind, indem sie an die Vorgänge in der sichtbaren Natur gebunden sind, nicht mehr reine Wissenschaft in dem Sinne wie die Mathematik.

Wollen wir also die Vorgänge am lebenden Organismus *objektiv wertend einteilen*, so werden wir das vom biologisch-funktionellen Standpunkt aus tun. Freilich ist alles Leben nur eine Wechselwirkung zwischen Organismus und Umwelt. Man könnte also ebensogut die verschiedenen Arten von äußeren Einwirkungen, also die ätiologischen Momente als Einteilungsprinzip nehmen. Denn auf jede besondere Einwirkung reagiert auch der Organismus besonders. Er hat stets das Bestreben, sich auf sein ursprüngliches Gleichgewicht wieder einzustellen. Bleiben diese Einwirkungen in den natürlichen Grenzen, so treten die physiologischen Regulationsmechanismen (im Sinne *Roux'*) in Kraft. Handelt es sich um Reize, welche den Organismus in *Gefahr* bringen, ihn an die Grenzen seiner Anpassungsfähigkeit heranrücken, so haben wir es mit pathologischen Regulationsmechanismen zu tun. Übersichtlich lassen sich dieselben folgendermaßen darstellen. (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Wir sehen aus dieser Übersicht, daß die *pathologischen, d. h. krankmachenden Schädigungen verschiedener Art sein können und daß ihnen auch verschiedene Reaktionsformen der Organismen entsprechen*. Nur wenn man von dieser Betrachtung ausgeht, wird man zu einer Verständigung über den Entzündungsbegriff gelangen.

Wir nennen die krankmachenden Schädigungen „Affektionen“. Der durch sie hervorgerufene Zustand ist ein Pathos. Tritt keine oder keine genügende, die Schädigung ausgleichende Reaktion ein, so haben wir es mit einem dauernd merkbaren Pathos zu tun. Anders im Falle des Eintretens einer Reaktion. Die Affektionen können in einem einfachen Energieverlust bestehen. Es handelt sich dann, im morphologischen Sinne, um immaterielle Affektionen. Die Reaktion besteht in einer Wiederaufspeicherung von Energie, was wir als *Rekreation* bezeichnen. Im andern Falle entstehen durch die äußeren Einwirkungen „materielle“ Affekte. Beschränken sich diese auf einfache „Defekte“ ohne Zerstörung der übrigen Struktur, so kann der Organismus mit Wiederbildung des verloren gegangenen Strukturteils darauf antworten. Wir nennen diese Art der pathologischen Regulation *Regeneration*. Wird aber die Struktur weitgehend zerstört, wie bei den „traumatischen Affektionen“, so muß der Organismus erst das zertrümmerte Material hinwegschaffen, sei es durch Einschmelzung, sei es durch Phagozytose. Wir sprechen hier zusammenfassend von *Reparation* oder *Organisation*, wobei wir unter letzterer den Ersatz des toten Materials (Fibrinmassen abgestorbenen Gewebes) durch lebendes Bindegewebe verstehen. Endlich kann der Organismus durch äußere Einwirkungen verschmutzt, mit leblosem oder lebendem Material

Gesundheit und Krankheit betrachtet vom Standpunkt der Regulationsmechanismen.

Vita sana (Orthobiologie)	{	<i>Sanitas</i> — die Lebensreize lösen aus:		{	adäquierende (ausgleichende) Regulationen	
		Absolute Gesundheit Absolut gesunder Organismus			prohibierende (vorbeugende) Regulationen metamorphosierende (umstellende) Regulationen	
Vita aegra (Pathobiologie)	{	<i>Morbus</i> (Nosologie) <i>νόσος</i>	Ausgelöst:	A. durch <i>einfache</i> rein funktionelle Affektionen — <i>rekreatorische</i> Reaktionen	{	Recreatio
				B. durch <i>materielle</i> Affektionen		Involutio
				I. durch <i>deficiierende</i> Affektionen — <i>regeneratorische</i> Reaktionen		(Resorptio)
				II. durch <i>destruierende</i> Affektionen — <i>reparatorische</i> Reaktionen		Compensatio
				III. durch <i>infizierende</i> Affektionen (<i>defensive</i> (<i>reparative</i>) <i>gative</i>) Reaktionen		Regeneratio
<i>Passio</i> (Pathologie) <i>πάθος</i>	{	Dysplasien Dystrophien Dyshaemien Dysergien Dystonien	{	Compensatio		
				Resolutio		
				Remotio		
				Granulatio		
				Organisatio		
Demarcatio						
Relative Gesundheit Relativ gesunder (d. h. leidender, krankhafter) Organismus	{		{	Invasio		
				Exsudatio		
				Proliferatio		

„infiziert“ werden. Die Erfahrung zeigt, daß der Organismus solchen Infektionen gegenüber über eine Fülle von Gegenmitteln verfügt, die sich in ihrer einfacheren Form (extra- oder intrazelluläre Verdauung, zelluläre Umklammerung, fibrinöse Umhüllung, räumliche Verschiebung, Ausstoßung usw.) schon bei den niederen Lebewesen, ja den einzelligen, nachweisen lassen. Je komplizierter der Aufbau eines Organismus wird, um so mannigfacher werden auch die Teilerscheinungen dieses Vorgangs, wie das *Hübner* sehr anschaulich auf dem Göttinger Pathologentag geschildert hat. Er wies dabei auch auf die physiologischen Vorgänge dieser pathologischen Vorgänge hin, wie sie bei den Metamorphosen niederer Tiere deutlich zu erkennen sind. In der Terminologie der Pathologie fehlte bisher ein kurzer präziser Ausdruck für diesen Vorgang der „Selbstreinigung“. *Metschnikoff* hat bereits diesen Ausdruck gebraucht und ihn im wesentlichen mit der Verdauung der eingedrungenen lebenden oder leblosen Fremdkörper identifiziert. Ich selbst habe daher den Ausdruck *Purgatio* vorgeschlagen. Noch viel öfter bezeichnet *Metschnikoff* diese Vorgänge im Sinne der Verteidigung als „Defension“. Den defensiven Charakter, d. h. den Sinn, daß die Vorgänge der Entfernung der ursprünglichen Störung dienen, hatten schon *Virchow* und seine Vorgänger ihnen untergelegt. Von deutscher Seite haben *Neumann*, *Ribbert*, *Marchand*, *Hauser*, neuerdings *Herxheimer* vielfach unter lebhafter Diskussion mit mancher

Einseitigkeit der Metschnikoffschen Phagozytenlehre, den funktionellen Gedanken, d. h. den Gedanken organismischer Zweckmäßigkeit bei der Abhandlung des Entzündungsbegriffs immer wieder vertreten.

Es scheint also sehr nahelegend, die Selbstreinigung (*Repurgatio*) oder die Verteidigungsvorgänge des Körpers (*Defensio*), welche beide ein und dasselbe sind, mit dem Entzündungsbegriff zu identifizieren. Von französischen, englischen und amerikanischen Seite geschieht das auch anstandslos (*Idam*). Nur in Deutschland, z. T. auch in Italien, sträubt man sich gegen eine solche Begriffsverschmelzung. Wir müssen daher den Ursachen dieses Widerspruchs nachgehen. Er liegt in der falschen Einstellung, im Entzündungsbegriff noch immer einen bestimmten Symptomenkomplex erkennen zu wollen. Ein solcher zerrinnt uns unter den Händen. Es gibt, wie schon *Virchow* hervorgehoben, keine „Entzündung“. Es gibt nur entzündliche Vorgänge. Es gibt nur bestimmte Merkmale biologischer Reaktion, die, wenn sie besonders stark ausgeprägt sind und zusammentreffen, das klinische Bild der Entzündung ausmachen. Schon der pathologische Anatom weiß mit diesem klinischen Symptomenkomplex nichts mehr anzufangen, sobald er mit der Untersuchung innerer Organe beginnt, die erst nach dem Tode zugänglich werden. Es fehlt der Rubor, der Kalor, der Dolor. Es bleibt nur der Tumor. Und um diesen „entzündlichen“ Tumor beginnt von neuem der

Streit, sobald man die notwendigen „Merkmale“ festzulegen beginnt. Sind Leukozyten ein unentbehrlicher Bestand dieses Tumors, wenn er entzündlich genannt werden soll, oder nicht? So geht der Streit in das Unendliche fort. Die falsche, nach Merkmalen suchende Fragestellung, „was ist Entzündung?“, führt zu keiner Antwort und kann auch zu keiner führen. Der voll ausgebildete klinische Symptomenkomplex der Entzündung gilt nur für ganz bestimmte Intensitätsgrade aller möglichen Reaktionsformen des Organismus. Er gibt uns also nur Antwort in bezug auf etwas *Quantitatives*, nicht auf etwas *Qualitatives*. Wir dürfen also nicht fragen, *was* ist Entzündung? Das ist eine Qualitätsfrage, sondern wir dürfen höchstens fragen, *wann* dürfen wir von Entzündung sprechen?

Der klinische und der morphologische Merkmalsbegriff der Entzündung ist unzureichend, um den *Charakter* des Vorgangs zu bezeichnen. Aber auf das Wesen, auf die Bedeutung des Prozesses kommt es uns Ärzten gerade an. Wir werden also unsere Frage anders gestalten: wir kennen vier deutlich, wenn auch nicht grundsätzlich verschiedene Reaktionsformen des Organismus, die Rekreation, die Regeneration, die Reparation (oder Organisation), die Repurgation (oder Defension). Wir fragen nun richtiger, bei welcher dieser Reaktionen finden wir den klinischen oder morphologischen Symptomenkomplex der Entzündung? Sind wir in der Lage, einen derselben mit der Entzündung zu identifizieren? Da zeigt sich nun, daß bei der einfachen Rekreation so gut wie nie entzündliche Symptome beobachtet werden. In mäßigem Grade ist das schon der Fall bei der Regeneration, z. B. bei jeder Wundheilung, selbst nach glattstem Operationsschnitt, wo wir doch histologisch alle Zeichen der sogenannten „Entzündung“ finden. Noch lebhafter werden diese bei den Reparationen nach Traumen, z. B. beim Knochenbruch oder bei einer Gelenkquetschung, bei traumatischer Gehirnerweichung usw. Am deutlichsten treten sie uns aber bei den Infektionen entgegen, wo sie sich geradezu stürmisch entwickeln und in klassischer Schönheit ausgebildet sein können. Daher haben sich auch die Kliniker, wenigstens die Chirurgen und Gynäkologen, daran gewöhnt, nur dann von Entzündung, d. h. von Peritonitis, Pleuritis usw. zu sprechen, wenn diese Reaktion durch eine Infektion hervorgerufen ist. Die Kliniker haben

sich also darüber geeinigt, „Entzündung“ und Repurgation (oder Defension) mit einander zu identifizieren. Vom streng morphologischen Standpunkt aus ist das nicht gerechtfertigt. Denn ähnliche Bilder finden sich auch beim Knochenbruch, ja bei einfacher Wundheilung. Also bleibt nichts anderes übrig, als den klinischen und morphologischen Entzündungsbegriff als *Qualitätsbegriff* aufzugeben und an seine Stelle die Begriffe: Regeneration, Reparation und Repurgation zu setzen. Jede dieser drei Reaktionen kann bei genügender Intensität alle Symptome der sogenannten Entzündung zeigen (*Quantitätsbegriff*). Will man den alten Entzündungsbegriff nicht nur als Quantitäts-, sondern auch als Qualitätsbegriff verwenden, so kann man damit nur die *materiell* bedingten *Erregungszustände* überhaupt verstehen. Das ist im wesentlichen auch das, was *Virchow* darunter verstand. Dann muß man aber von einer regenerativen, reparativen und repurgativen (defensiven) Entzündung bzw. „*itis*“ sprechen, um sich in jedem Falle, auch dem Kliniker gegenüber verständlich zu machen. Damit verschwindet endgültig der Streit über den Entzündungsbegriff. Wie wir Regeneration, Reparation und Repurgation von einander abzugrenzen haben, wo die Merkmale für das eine aufhören und für das andere beginnen, das festzustellen wird wertvoller sein, als über die Grenzen des Entzündungsbegriffs zu streiten, wo doch jeder unwillkürlich etwas anderes unter Entzündung versteht. Der eine die Regeneration bis zur Repurgation, der andere nur Reparation und Repurgation, der dritte sogar nur die Repurgation.

Ganz unberührt von diesem Streit um die Begriffe, der jetzt endlich zu Grabe getragen werden kann, steht die Frage nach der *kausalen* Genese der „entzündlichen Reaktionen“, also der Regeneration, Reparation und Repurgation. Wo setzen die wirkenden Kräfte ein, wie laufen die Wirkungen in den Geweben ab usw.? Am Nervensystem, am Gefäßsystem, am Parenchym? An welchem zuerst oder an welchem allein? Das ist der Inhalt der verschiedenen Entzündungstheorien. Auf sie kann hier nicht weiter eingegangen werden. Nur das sei hier betont, daß alle diese Reaktionen bereits ihre Vorbilder in der niederen Tierwelt haben und daß jede Entzündungstheorie auch die vergleichende Biologie der Regenerations-, Reparations-, Repurgationsvorgänge zu berücksichtigen hat.

Atmungsregulation und Reaktionsregulation.

Von Hans Winterstein, Rostock.

(Schluß.)

II. Die Reaktionsregulation im Organismus¹⁾.

1. Die Regulation durch die Atmung.

Wir haben bisher stets von der Regulierung der Atmung durch die Wasserstoffzahl gesprochen und haben nun die Kehrseite dieses Vorganges

¹⁾ I. Die chemische Regulierung der Atmung.

zu betrachten: Solange man CO_2 - und O_2 -Druck des Blutes als die Regulatoren der Atmung ansah, faßte man auch umgekehrt die Atmung lediglich als den Regulator der CO_2 - und O_2 -Spannung der Körpersäfte und Gewebe auf. Aus der Erkenntnis, daß die Atmung durch die CH reguliert wird,

wird auch umgekehrt gefolgert werden müssen, daß sie ihrerseits die Regulierung der Reaktion der Körpersäfte besorgt. Meines Wissens sind *Porges* und seine Mitarbeiter¹⁵⁾ die ersten gewesen, die — unabhängig und fast gleichzeitig mit der Aufstellung der Reaktionstheorie und gleichsam als Gegenstück dazu — den bedeutungsvollen Gedanken äußerten, daß der Atmung diese neue und bis dahin gänzlich unbeachtete Funktion zukäme, „die Alkaleszenz des Blutes zu regulieren“. Der Gedankengang, der sie zu dieser Auffassung führte, war zunächst rein teleologischer Art. Sie gingen aus von der Beobachtung, daß bei der sogenannten „kardialen Dyspnoe“ (d. h. bei der oft auch mit subjektiver Atemnot verbundenen Hyperpnoe Herzkranker), die offenbar durch die Unzulänglichkeit der Blutzirkulation entsteht, die CO_2 -Spannung der Alveolarluft nicht, wie man erwarten könnte, erhöht, sondern im Gegenteil herabgesetzt ist. Da sie die CO_2 -Spannung der Alveolarluft als ein getreues Maß derjenigen des Blutes betrachteten, so kamen sie zu dem Schluß, daß trotz der Erschwerung der Kreislaufverhältnisse die CO_2 -Abfuhr über die Norm gesteigert war. Dann konnte aber die Hyperpnoe nicht durch CO_2 -Anhäufung, sondern nur durch O_2 -Mangel bedingt sein und erschien recht unzweckmäßig, da die Steigerung der Atmung über die Norm zwar die CO_2 -Entfernung beschleunigen, die O_2 -Zufuhr aber nicht nennenswert steigern kann, weil das Blut schon bei gewöhnlicher Durchlüftung der Lungen fast völlig mit O_2 gesättigt ist. Angesichts der Unwahrscheinlichkeit der Annahme, daß eine unter pathologischen Bedingungen so häufig zu beobachtende Erscheinung wie die O_2 -Mangel-Hyperpnoe keine biologische Bedeutung besitze, läge der Gedanke nahe, daß die Verstärkung der Atmung gar nicht so sehr die Aufgabe habe, die O_2 -Zufuhr zu verbessern, als vielmehr die durch pathologische Säurebildung gesteigerte Wasserstoffzahl des Blutes durch vermehrte CO_2 -Abgabe zur Norm zurückzuführen. — Die Schlußfolgerungen der Autoren können heute allerdings nicht mehr aufrecht erhalten werden, weil die CO_2 -Spannung der Alveolarluft nicht unter allen Umständen als Maß der CO_2 -Spannung des Blutes betrachtet werden kann (die speziell bei der kardialen Dyspnoe gar nicht herabgesetzt, sondern gesteigert zu sein scheint), und weil, wie wir gesehen haben, bei der echten O_2 -Mangel-Hyperpnoe die Wasserstoffzahl des Blutes gar nicht gesteigert, sondern im Gegenteil herabgesetzt ist. Aber trotz der Irrigkeit der Voraussetzungen bleibt die Richtigkeit der Erkenntnis von der regulatorischen Bedeutung der Atmung für die Blutreaktion für alle jene Fälle bestehen, in denen durch Veränderungen des Stoffwechsels primär im Blute Reaktionsverschiebungen auftreten, die Veränderungen der Atmung also hämatogener Natur sind.

¹⁵⁾ *Porges, Leimdörfer und Markovici*, Wiener klin. Wochenschr. 23, Nr. 40 (1910).

Den Beweis hierfür haben in erster Linie die schon erwähnten Untersuchungen *Hasselbalchs* (vgl. S. 627) erbracht, die ja erst auf dem Umwege durch die Feststellung der Konstanterhaltung der CH des Blutes die Richtigkeit der Reaktionstheorie erwiesen haben. Ehe wir aber von diesem Gesichtspunkte aus nochmals auf die Experimente *Hasselbalchs* sowie die anderer Autoren eingehen, wollen wir zuerst einige Begriffsbestimmungen vornehmen, die die notwendige Voraussetzung für ein klares Verständnis aller folgenden Ausführungen sind; denn kaum auf einem anderen Gebiete sind durch eine unzulängliche oder verfehlte Nomenklatur so viele Verwirrungen, Unklarheiten und Mißverständnisse geschaffen worden als auf dem der Reaktionsregulation des Organismus. Vor langen Jahren bezeichnete *Naunyn* die bei Zuckerkrankheit festgestellte Veränderung der Blutbeschaffenheit, die durch das Auftreten abnormer Mengen fixer Säuren im Blut gekennzeichnet ist, als „Acidose“. Dieser ursprünglich ganz eindeutige Begriff wurde später erweitert und sollte bald eine (in Wirklichkeit wohl gar nicht vorkommende) „saure“ Reaktion des Blutes, bald bloß eine Verschiebung seiner Reaktion nach der sauren Seite, bald eine Verminderung der Menge des titrierbaren Alkalis kennzeichnen (die offenbar wiederum nicht bloß durch eine Steigerung der Säuren, sondern auch durch eine Abnahme der basischen Valenzen bedingt sein kann). Diese Verwirrung kann nur erhöht werden, wenn man dem Beispiel englischer und amerikanischer Forscher folgend nun auch noch die Bezeichnung „Alkalose“ einführt, die streng genommen als Gegenstück zu der *Naunynschen* Acidose den (etwa bei medikamenteller Aufnahme größerer Sodamengen oder rein vegetabilischer Kost auftretenden) Zustand eines abnorm hohen Gehaltes an fixen Alkalien kennzeichnen müßte, aber auch wieder einfach im Sinne einer Verschiebung der Blutreaktion nach der alkalischen Seite oder einer Erhöhung der Titrationskalinität verwendet wird. Um allen diesen Mißhelligkeiten zu entgehen, die daraus erwachsen müssen, daß ihrem Ursprung und Wesen nach ganz verschiedene Zustandsänderungen mit dem gleichen Namen belegt werden, wollen wir von einer Verwendung dieser Ausdrücke vollständig Abstand nehmen.

Nach den Untersuchungen von *L. J. Henderson* (vgl. S. 626) ist die Wasserstoffzahl des Blutes $\text{CH} = k \frac{\text{H}_2\text{CO}_3}{\text{NaHCO}_3}$, d. h. die Reaktion des Blutes hängt ab von dem Verhältnis der freien zu der gebundenen Kohlensäure. Eine Änderung eines jeden dieser drei Faktoren allein muß also eine Änderung mindestens eines der beiden anderen im Gefolge haben, dagegen kann jeder unverändert bleiben, wenn die beiden anderen sich gleichzeitig entsprechend verschieben. Für das Verständnis der Regulierung der Blutreaktion ist also stets die Kenntnis mindestens zweier der

drei voneinander abhängigen Größen erforderlich. Bestimmen wir direkt die aktuelle Reaktion des im Körper zirkulierenden Blutes, dann müssen wir zur Charakterisierung der Blutbeschaffenheit noch die p_H kennen, die das Blut annimmt, wenn es bei einem bestimmten und genau gemessenen CO_2 -Druck untersucht wird. Hierbei wird zweckmäßig der normale CO_2 -Druck der Alveolarluft oder des arteriellen Blutes von rund 40 mm Hg zugrunde gelegt. Diese Wasserstoffzahl des bei 40 mm CO_2 -Druck untersuchten Blutes wollen wir nach dem Vorschlage von *Hasselbalch* als die „reduzierte“ Wasserstoffzahl bezeichnen und ihr die im zirkulierenden Blute tatsächlich vorhandene Wasserstoffzahl als die „aktuelle“ oder „realisierte“ gegenüberstellen¹⁶⁾. Die Menge der gebundenen Kohlensäure oder das „Kohlensäurebindungsvermögen“ entspricht dem, was man früher Gehalt an „titrierbarem Alkali“ oder „Titrationsalkalinität“ zu benennen pflegte. Dieser sehr wichtige Zahlenwert ist zuerst von *Jaquet* als „Alkalireserve“ bezeichnet worden, und dieser Name hat sich neuerdings eingebürgert, seitdem *van Slyke* ihn aufgenommen hat. Die durch normale Alkalireserve (A. R., ausgedrückt in cem CO_2 , die von 100 cem Blut bei einem bestimmten CO_2 -Druck gebunden werden) gekennzeichnete Blutbeschaffenheit wollen wir „Eukapnie“ (von *Kapnos* = Rauch = Kohlensäure), das verminderte Kohlensäurebindungsvermögen (das also sowohl durch eine Verminderung des Basengehaltes wie durch eine Steigerung des Gehaltes an fixen Säuren bedingt sein kann) „Hypokapnie“, die über die Norm gesteigerte Alkalireserve „Hyperkapnie“ nennen (die beiden letzten Ausdrücke nach *Y. Henderson*).

Und nun zurück zu den Versuchen von *Hasselbach*. Dieser fand, wie schon erwähnt, daß trotz der außerordentlich starken durch die verschiedene Ernährungsweise erzielten Schwankungen der Harnreaktion die des Blutes fast konstant blieb, indem der zunehmende Gehalt des Blutes an saueren Valenzen durch eine entsprechende Verarmung an Kohlensäure, der zunehmende Gehalt an basischen Valenzen durch eine entsprechende CO_2 -Retention ausgeglichen wurde. Ein Beispiel möge dies erläutern. Der Autor fand in einem an sich selbst angestellten Versuch die folgenden Veränderungen der alveolaren CO_2 -Spannung, des reduzierten und des aktuellen p_H :

Diät	Alv. CO_2 -Druck in mm Hg	Reduz. p_H (= p_H bei 40 mm CO_2 -Dr.)	Aktueller p_H (= p_H bei alv. CO_2 -Dr.)
Fleisch..	38,9	7,33	7,34
Vegetab..	43,3	7,42	7,36

¹⁶⁾ *K. A. Hasselbalch*, Biochem. Ztschr. 74, 56 (1916). Der von *H.* gewählte Ausdruck „regulierte“ Wasserstoffzahl scheint mir nicht zweckmäßig, weil diese „regulierte“ p_H unter pathologischen Bedingungen gerade durch das Versagen der normalen Regulationen zustandekommt.

Dieser Versuch besagt folgendes: Wäre die Atmung und damit der CO_2 -Druck der Alveolarluft und des arteriellen Blutes unverändert geblieben, dann hätte die Reaktion des Blutes beim Übergang von der extremen Fleisch- zu der extremen Pflanzenkost eine sehr bedeutende Zunahme der Alkaleszenz erfahren müssen, p_H wäre von 7,33 auf 7,42 gestiegen. Die Zunahme der basischen Valenzen im Blut aber bewirkte eine Abschwächung der Atmung und dadurch ein Ansteigen des CO_2 -Drucks von 38,9 auf 43,3 mm, durch welches der Basenüberschuß im Blut in so vollendeter Weise ausgeglichen wurde, daß die aktuelle Reaktion nur um den ganz geringfügigen Betrag von 0,02 p_H nach der alkalischen Seite verschoben wurde; und diese geringfügige Verschiebung genügte ihrerseits, um die zur Erzielung einer solchen Steigerung der CO_2 -Spannung nötige Abschwächung der Atmung herbeizuführen.

Ein interessantes Gegenstück hierzu geben die Beobachtungen von *Hasselbalch* und *Gammeltoft*¹⁷⁾ über den Einfluß der Schwangerschaft. Während der Schwangerschaft besteht eine Hypokapnie des Blutes; sie wird, wie die folgende Tabelle, welche Mittelwerte einer größeren Zahl von Messungen wiedergibt, zeigt, völlig kompensiert durch die Hyperpnoe:

	Alv CO_2 -Druck in mm Hg	Reduz. p_H	Akt. p_H
Vor der Geburt	31,3	7,39	7,44
Nach „ „	39,5	7,44	7,44

Bei unveränderter Lungendurchlüftung hätte, wie der reduzierte p_H zeigt, die normale Reaktion des Blutes während der Schwangerschaft eine beträchtliche Verschiebung gegen die saure Seite erfahren; sie wurde verhütet durch eine Verstärkung der Lungenventilation, die die CO_2 -Spannung gerade um so viel herabsetzte, als nötig war, um die Reaktion des Blutes praktisch unverändert zu erhalten. Eine geringe Änderung derselben muß natürlich vorhanden gewesen sein, da ja sonst die Verstärkung der Lungendurchlüftung nicht hätte bewirkt werden können; aber diese Verschiebung braucht nur einen so geringen Wert zu haben, daß sie sich einem direkten Nachweis entziehen kann. Aus den Messungen von *Hasselbalch* und *Lundsgaard* ergibt sich, daß eine Steigerung des CO_2 -Druckes des Blutes um 2 mm einer Verminderung des p_H um nur 0,014 entspricht, was eben an der äußersten Grenze der Feststellbarkeit liegt; eine solche Steigerung um 2 mm aber reicht nach den Beobachtungen von *Campbell*, *Douglas* und *Hobson* aus, um eine Vermehrung der Lungendurchlüftung um 10 Liter pro Minute, d. i. um mehr mehr als 100 % des normalen Wertes zu bewirken! So erstaunlich ist die Empfindlichkeit des Atemzentrums, daß

¹⁷⁾ *Hasselbalch* und *Gammeltoft*, Biochem. Ztschr. 68, 206 (1915).

schon Änderungen des Gehaltes an Wasserstoffionen um Billionstel Prozent eine Wirkung ausüben!

Diese Empfindlichkeit und damit das Niveau, auf dem die Regulierung der c_H erfolgt, ist nicht stets die gleiche. Bei Kaninchen, die mit Urethan narkotisiert waren, fand ich die aktuelle Wasserstoffzahl des arteriellen Blutes erheblich gesteigert, und die Beobachtungen von H. Straub und von Veil über die Steigerung der CO_2 -Spannung in der Alveolarluft bzw. im Harn während des Schlafes sind wahrscheinlich in der gleichen Weise dahin zu deuten, daß infolge der verminderten Empfindlichkeit des Atemzentrums die c_H des Blutes auf ein höheres Niveau eingestellt wird. Gerade das Umgekehrte ist anscheinend nach den Untersuchungen von Straub und Beckmann unter dem Einfluß psychischer Erregungen oder erregend wirkender Medikamente, wie Colapastillen, der Fall. Hierbei möge darauf hingewiesen werden, daß diese gesteigerte oder verminderte „Empfindlichkeit“ oder „Erregbarkeit“ des Atemzentrums vielleicht gar nichts anderes zu sein braucht, als eine Änderung der c_H in den Atemzentren selbst, bedingt durch eine Erhöhung oder Verminderung der in der Zeiteinheit durch die Stoffwechseltätigkeit der Zentren selbst gebildeten H-Ionen-Menge, die sehr wohl unter dem Einfluß der Narkose oder des Schlafes herabgesetzt, bei Erregungszuständen gesteigert sein kann.

Dieser Gedanke leitet uns wieder zurück zu der bereits früher dargelegten wichtigen Feststellung, daß es primär die Wasserstoffzahl der Atemzentren ist, die das Ausmaß der Lungendurchlüftung reguliert, und nicht die des Blutes, und daß wir daher eine Regulation der Blutreaktion durch die Atmung nur dort werden erwarten dürfen, wo es sich um hämatogene, nicht aber, wo es sich um zentrogene Änderungen des Säure-Basen-Gleichgewichts handelt. Und in der Tat versagt, wie wir gesehen haben, diese Reaktionsregulation beim O_2 -Mangel, von dem zuerst die Zentren selbst betroffen werden, so daß sie durch die von ihnen erzeugte Steigerung der Lungendurchlüftung über die Norm geradezu eine Störung der normalen Reaktionsverhältnisse bewirken können und (sofern nicht andere gleich zu besprechende Mechanismen eingreifen) die aktuelle Wasserstoffzahl des Blutes nach der alkalischen Seite verschieben. So sah ich bei meinen früher (vgl. S. 626) erwähnten Versuchen am Kaninchen in einem Falle beim unnarkotisierten Tier bei Einatmung eines Gasgemisches von ca. 7% O_2 -Gehalt den p_H des arteriellen Blutes von 7.68 auf 7.81 und bei einem narkotisierten Tier, das 2% O_2 enthaltendes Gas atmete, von 7.27 auf 7.40 ansteigen. In ganz analoger Weise beobachteten Straub und Meier bei manchen Nierenkrankungen außerordentliche Verminderungen der aktuellen Wasserstoffzahl bei hochgradiger Hyperpnoe, die offenbar zentrogen durch lokalen

O_2 -Mangel infolge krampfhafter Verengung der Blutgefäße des Kopfmarks erzeugt war.

2. Die Regulierung durch den Zellstoffwechsel.

Die Atmung übt ihre reaktionsregulierende Wirkung aus, indem sie eine Steigerung der basischen Valenzen durch CO_2 -Retention, eine solche der sauren Valenzen durch erhöhte CO_2 -Ausschwemmung aus dem Blut neutralisiert. Lange vor einer vollen Erkenntnis dieser Zusammenhänge wußte man bereits, daß dem Organismus außer einer flüchtigen Säure auch eine flüchtige Base zur Herstellung des Säure-Basen-Gleichgewichts zur Verfügung steht, nämlich das Ammoniak¹⁸⁾. Längst schon war aufgefallen, daß der an sauren Valenzen reiche Harn des Fleischfressers einen relativ hohen, der an basischen Valenzen reiche Harn des Pflanzenfressers nur einen sehr geringen NH_3 -Gehalt enthält. St. Salkowski und seine Schüler hatten gefunden, daß eine durch Verfütterung von Taurin erzeugte Erhöhung der Schwefelsäurebildung im Körper die NH_3 -Ausscheidung steigert, und Walter hatte bei direkter Säureverfütterung das Gleiche beobachtet. Der früher vielfach angenommene grundsätzliche Unterschied in der Fähigkeit von Fleisch- und Pflanzenfressern, das NH_3 zur Reaktionsregulation zu verwenden, scheint nach den neueren Untersuchungen von Beccari nicht zu bestehen. Auch beim Pferd sieht man bei saurer Diät (reiner Haferfütterung) in dem Augenblick, in welchem der Harn sauer zu reagieren beginnt, den bei gewöhnlicher Kost minimalen NH_3 -Gehalt desselben plötzlich ansteigen, und umgekehrt kann man beim Hund durch eine die Verhältnisse der Pflanzenkost nachahmende Verabreichung beträchtlicher Mengen von Natriumacetat den NH_3 -Gehalt des Harns auf die bei Heufütterung des Pferdes zu beobachtende Stufe herunterdrücken. In analoger Weise läßt sich beim Menschen durch Verabreichung großer Dosen von $NaHCO_3$ der NH_3 -Gehalt des Harns sehr stark herabsetzen, ja, bei verzögerter Alkaliausscheidung, wie sie bei Nierenkranken oft vorkommt, abfallen zum Verschwinden bringen (Denis und Minot), so daß diese reaktionsregulierende Wirkung des NH_3 im Harn anscheinend die einzige ist, die ihm überhaupt zukommt.

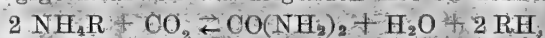
Die NH_3 -vermindernde Wirkung einer Alkalisierung des Blutes kann auch durch einfache Auswaschung der Blut- CO_2 infolge Steigerung der Lungenventilation hervorgerufen werden, wie Davies, Haldane und Kennaway durch 1 Stunde lang fortgesetztes forciertes Atmen an sich selbst beobachten konnten. Auf diese Weise findet eine Erscheinung ihre Erklärung, die zuerst eine ganz irrige Deutung erfahren hatte: Hasselbalch und Lindhard¹⁹⁾ hatten beobachtet, daß unter dem Einfluß einer Luftverdünnung die NH_3 -Ausschei-

¹⁸⁾ Vgl. die zusammenfassende Darstellung von Albertoni, *Ergebn. d. Physiol.* 19, 594 (1921).

¹⁹⁾ Hasselbalch und Lindhard, *Biochem. Ztschr.* 295 (1915); 74, 1, 48 (1916).

dung im Harn, vor allem das Verhältnis des NH_3 -Stickstoff zum Gesamtstickstoff eine bedeutende Verminderung erfährt. So kamen sie zu der Vorstellung, daß die primäre Wirkung des Höhenklimas in einer „Unterproduktion von Ammoniak“ bestehe, und daß zur Ausgleichung der dadurch bewirkten Steigerung der CH des Blutes eine Überventilation der Lungen einsetze, die durch vermehrte CO_2 -Ausscheidung die Reaktion des Blutes zur Norm zurückführe. In Wahrheit ist, wie von *Haldane* und seinen Mitarbeitern²⁰⁾ richtig erkannt wurde, der Vorgang gerade umgekehrt: Der O_2 -Mangel des verminderten Luftdrucks erzeugt zentrogen eine Steigerung der Lungenventilation und durch vermehrte CO_2 -Auswaschung eine Alkalisierung des Blutes, die durch eine Verminderung der NH_3 -Bildung kompensiert wird, so daß die Reaktion zur Norm zurückkehrt (vgl. S. 630).

Welche Gleichgewichtsreaktionen diese verschiedene NH_3 -Lieferung im Stoffwechsel bedingen, wissen wir noch nicht mit Sicherheit zu sagen. Da, wie man lange weiß, nach Ausschaltung der Harnstoffbildung in der Leber der NH_3 -Gehalt des Harns gewaltig ansteigt, und da andererseits, wie neuerdings *Haldane*²¹⁾ festgestellt hat, bei Aufnahme größerer Mengen NH_4Cl per os nur ein relativ kleiner Teil als solcher ausgeschieden wird, der größte Teil des NH_3 also anscheinend eine Umwandlung vermutlich in Harnstoff erfahren muß, so liegt es nahe, an eine in ihrem Gleichgewicht von der Wasserstoffzahl abhängige Reaktion der folgenden Art zu denken:



worin R ein einwertiges Säureanion bezeichnet. Doch ist auch die Anschauung geäußert worden, daß die Reaktionsregulation durch das NH_3 erst in den Nieren erfolge. Denn *Nash* und *Benedict* wollen beobachtet haben, daß nach Injektion von Säuren der NH_3 -Gehalt nicht im allgemeinen Kreislauf, sondern nur in den Nierenvenen zunimmt und umgekehrt bei Injektion von NaHCO_3 nur in den letzteren vermindert wird.

CO_2 einerseits und NH_3 andererseits stehen dem Organismus in fast unbegrenzter Menge zur Verfügung, so daß er im allgemeinen kaum genötigt sein wird, zur Absättigung reaktionsstörender Valenzen zu anderen Radikalen seine Zuflucht zu nehmen. Immerhin scheint es möglich, daß dies im Notfall geschieht. *Goto* sah bei wochenlang fortgesetzter Fütterung beträchtlicher HCl -Mengen bei Kaninchen einen Alkaliverlust in den Muskeln und eine ansehnliche Verminderung der Trockensubstanz der Knochen eintreten, die auf einer Abnahme des CaCO_3 -Gehaltes derselben beruhte. Andererseits würde nach den Untersuchungen von *Macleod* und seinen Mitarbeitern eine starke Zufuhr von Na_2CO_3 eine Steigerung der Milchsäurebildung und -ausschei-

dung hervorrufen, die man gleichfalls als kompensatorische Maßnahme auffassen könnte. In diesem Zusammenhange mag wenigstens andeutungsweise auf das durch Auftreten von Krämpfen charakterisierte Krankheitsbild der *Tetanie* hingewiesen sein, das nach einer viel diskutierten Theorie mit einer abnormen Alkalisierung des Blutes in Zusammenhang stehen würde. Wenn auch die überwiegende Mehrzahl heute zum mindesten die durch Exstirpation der Nebenschilddrüsen hervorgerufene Tetanie mit einer Störung des normalen Ionengleichgewichts, vor allem mit einer Verminderung des Gehaltes an Ca -Ionen zu erklären geneigt ist, so scheint doch ein wenigstens indirekter Zusammenhang mit einer abnormen Erniedrigung der Wasserstoffzahl unter Umständen gegeben zu sein. Nach der Auffassung von *Wilson* und seinen Mitarbeitern würden die milchsäurebildenden Krämpfe die Verschiebung der Reaktion nach der alkalischen Seite ausgleichen und so gewissermaßen als reaktionsregulierende Mechanismen fungieren.

3. Die Regulierung durch die Ausscheidung reaktionsstörender Valenzen.

Mit der Absättigung der reaktionsstörenden Valenzen ist die Aufgabe der Reaktionsregulation noch nicht gelöst; diese müssen vielmehr aus dem Körper entfernt werden. Dies geschieht in der Hauptsache durch die Nieren. Wir haben bereits erwähnt, daß die NH_3 -Ausscheidung im Harn sich im gleichen Sinne verschiebt wie die Menge der sauren und in entgegengesetztem wie die der basischen Valenzen. Gerade umgekehrt verhält sich die Menge der mit dem Harn ausgeschiedenen Karbonate. Freie saure Valenzen vermag die Niere im wesentlichen nur in Form von Monophosphaten zu entfernen, die in allen Zellen durch Umsetzung der Diphosphate mit anderen Säuren entstehen können und deren Ausscheidung daher gleichfalls mit dem Ansteigen saurer Valenzen parallel geht. Verliert die Niere durch Erkrankung ihr normales Ausscheidungsvermögen für Säuren, so wird dieser Umstand allein, ohne alle Störung der Säurebildung ausreichen, um eine Hypokapnie des Blutes und eine hämatogene Hyperpnoe zu erzeugen, wie die Untersuchungen von *Straub* und *Meier*²²⁾ wahrscheinlich gemacht haben. Umgekehrt gelingt es, wie schon oben erwähnt, nur oder jedenfalls sehr viel leichter bei Störungen der Nierenfunktion durch Verabreichung von Alkali den Harn NH_3 -frei zu machen, weil die normale Niere das zugeführte Alkali so rasch ausscheidet, daß der Organismus gar nicht in die Lage kommt, die erforderliche Reaktionsregulation durch eine völlige Ausschaltung der NH_3 -Ausscheidung zu bewirken.

4. Die Regulierung durch Ionenaustausch zwischen Blut und Geweben.

Die Ausscheidung der reaktionsstörenden Valenzen durch den Harn ist ein Weg, der vermut-

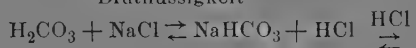
²⁰⁾ *Haldane, Kellas* und *Kennaway*, Journ. Physiol. 53, 181 (1920).

²¹⁾ *J. B. S. Haldane*, Journ. Physiol. 55, 265 (1921).

²²⁾ *Straub* und *Meier*, Biochem. Ztschr. 124, 259 (1921); D. Arch. f. klin. Med. 138, 208 (1922).

lich erst bei längerem Bestand einer solchen Reaktionsstörung in erheblichem Ausmaße betreten wird. Die Untersuchungen von *Haggard* und *Henderson*²³⁾ sowie von *Van Slyke*²³⁾ und seinen Mitarbeitern führen zu dem Schluß, daß als unmittelbare Folge einer Reaktionsstörung im Blut ein ihr entgegenwirkender Ionenaustausch zwischen diesem und den Geweben einsetzt, der in seinen Einzelheiten noch nicht genügend geklärt, aber aller Wahrscheinlichkeit nach im Prinzip gleichartig ist mit dem im folgenden Abschnitt zu erörternden Regulationsmechanismus, der im Blute selbst zwischen roten Blutzellen und der sie umspülenden Flüssigkeit wirksam ist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß eine Verminderung des CO_2 -Gehalt des Blutes, die zentrogen durch eine willkürlich oder reflektorisch oder durch O_2 -Mangel erzeugte Atmungsverstärkung herbeigeführt wurde, innerhalb kurzer Zeit eine Verminderung des CO_2 -Bindungsvermögens oder der Alkalireserve, also eine Hypokapnie nach sich zieht, während umgekehrt eine Zunahme des CO_2 -Gehaltes des Blutes mit einer Hyperkapnie beantwortet wird. Der reaktionsregulatorische Charakter dieses Vorganges leuchtet ohne weiteres ein, wenn wir uns vor Augen halten, daß die c_{H} des Blutes durch das Verhältnis der freien zur gebundenen Kohlensäure bestimmt wird, das offenbar konstant bleibt, wenn Zähler und Nenner eine gleiche Veränderung erfahren. Normalerweise ist dieses Verhältnis rund $\frac{1}{60} = \frac{1}{20}$; eine zentrogene Hyperpnoe, die die Menge der freien CO_2 von 3 auf 2 Vol. % vermindert, wird vollkommen kompensiert, die normale c_{H} vollkommen wieder hergestellt sein, wenn durch eine entsprechende Hypokapnie die Alkalireserve von 60 auf 40 Vol. % CO_2 herabgesetzt ist, denn dann ergibt sich wieder das Verhältnis $\frac{1}{40} = \frac{1}{20}$; wird umgekehrt, z. B. infolge einer durch Morphinumvergiftung bedingten Herabsetzung der Atmungs-tätigkeit die freie CO_2 auf 4 Vol. % gesteigert,

Blutflüssigkeit



so wird eine Hyperkapnie, die die Alkalireserve auf 80 erhöht, die zunächst gesteigerte c_{H} des Blutes wieder auf den normalen Wert $\frac{1}{80} = \frac{1}{20}$ zurückführen²⁴⁾.

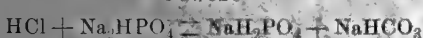
Wir sehen gleichzeitig, daß die Alkalireserve, deren Veränderung besonders unter verschiedenen pathologischen Zuständen in neuerer Zeit Gegenstand sehr zahlreicher Untersuchungen gewesen ist, uns zwar das Vorhandensein einer Störung des normalen Säure-Basen-Gleichgewichts des Organismus anzeigt, aber nichts über den Mechanismus seines Zustandekommens auszusagen vermag. Lange hat man geglaubt, daß ein vermindertes CO_2 -Bindungsvermögen des Blutes und eine Ver-

minderung der alveolaren CO_2 -Spannung das sichere Zeichen der Anwesenheit einer abnormen Menge saurer Valenzen (Acidose im ursprünglichen Sinne, vgl. S. 628) darstelle. Wir wissen jetzt, daß dies durchaus nicht der Fall zu sein braucht, weil die gleichen Erscheinungen kompensatorisch als Folge einer Verschiebung des Säure-Basen-Gleichgewichts nach der alkalischen Seite auftreten können. Im ersten Falle handelt es sich um eine hämatogene Hypokapnie, die an dem Ausgangspunkt der mit einer Verschiebung der c_{H} nach der saueren Seite hin einhergehenden Reaktionsstörung steht; im zweiten Falle um eine zentrogene Hypokapnie, die das Endglied einer zentral ausgelösten und mit einer Verschiebung der c_{H} des Blutes nach der alkalischen Seite verbundenen Störung des Säure-Basen-Gleichgewichts darstellt. Da die Regulierung der c_{H} , wie wir gesehen haben, mit einer solchen Feinheit erfolgen kann, daß ihre (natürlich stets vorhandenen) Veränderungen sich dem Nachweis vollständig entziehen können, so wird es im Einzelfalle nur durch Untersuchung aller begleitenden Umstände, wie Harnreaktion, NH_3 -Ausscheidung usw. möglich sein, die Entscheidung zwischen diesen beiden Arten von Reaktionsstörungen zu treffen. Mitunter kann dies großen Schwierigkeiten begegnen, wie das viel untersuchte Beispiel der Narkose-Hypokapnie zeigt, die nach der einen Ansicht hämatogen durch Abgabe abnormer Säuremengen an das Blut, nach Ansicht von *Henderson* und seinen Mitarbeitern dagegen zentrogen durch eine primäre Überreizung des Atemzentrums bedingt ist.

Analoge Betrachtungen gelten auch für die (viel selteneren) Erscheinungen der Hyperkapnie.

Den Mechanismus des Ionenaustausches können wir uns mit *Van Slyke* und *Cullen*²⁵⁾ etwa durch den folgenden dem Massenwirkungsgesetz unterworfenen Reaktionsverlauf veranschaulichen:

Gewebe



d. h. eine primäre Steigerung der Blutkohlensäure veranlaßt eine Verdrängung des Cl in die Gewebe und eine Steigerung der Alkalireserve des Blutes; das in die Gewebe gewanderte Cl setzt sich mit dem Dinatriumphosphat der Zellen um; das dabei entstehende Mononatriumphosphat kann, wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, durch die Nieren entfernt werden. Gerade umgekehrt wird ein Auswaschen der Blut- CO_2 durch Überventilation zu einem Übertritt von Cl in die Blutbahn und so zu einer Hypokapnie führen.

5. Die Reaktionsregulation im Blut.

Bisher haben wir lauter Regulationsprozesse erörtert, die sich zwischen dem Blut und seiner Umgebung abspielen. Wir müssen noch kurz

²³⁾ Zahlreiche Arbeiten im Journ. biol. Chem. in den Jahren 1917—1922.

²⁴⁾ *Henderson* und *Haggard*, Journ. biol. Chem. 33, 333 (1918).

²⁵⁾ *Van Slyke* und *Cullen*, Journ. biol. Chem. 30, 289 (1917).

der Prozesse gedenken, die im Blute selbst vor sich gehen, das *an sich* ein reaktionsregulatorisches System von außerordentlicher Vollkommenheit darstellt. Dies gilt zunächst schon für die bloße Blutflüssigkeit, das Blutplasma oder (des Gerinnungsstoffes beraubt) Butserum. Nach *Friedenthal* muß man zu diesem 40–70 mal soviel NaOH zusetzen als zu Wasser, um eine Rotfärbung mit Phenolphthalein, und 300 mal soviel HCl, um einen Farbumschlag mit Methylorange zu erhalten. Diese Eigenschaft der Blutflüssigkeit beruht darauf, daß sie eine „Pufferlösung“ darstellt, wie solche in der physikalischen Chemie vielfach Verwendung finden²⁶⁾. Die Untersuchungen von *L. J. Henderson* haben, wie früher erwähnt (vgl. S. 645) gezeigt, daß hierbei im wesentlichen nur die Kohlensäure und das Bikarbonat in Betracht kommt, und daß die Eigenschaften der Blutflüssigkeit als Reaktionsregulator durch ein Puffergemisch $\frac{\text{H}_2\text{CO}_3}{\text{NaHCO}_3}$ fast vollständig nachgeahmt werden.

Aber die Pufferkraft des Gesamtblutes ist noch viel größer als die des Plasma allein; durch die Anwesenheit der Blutkörperchen müssen also neue Faktoren der Reaktionsregulation eingeführt sein. Die wichtigste Grundlage dieser Regulation, die in neuester Zeit sehr eingehend untersucht wurde²⁷⁾, ist schon mehr als ein halbes Jahrhundert bekannt. Im Jahre 1868 entdeckte *Zuntz* die bedeutungsvolle Erscheinung, daß das einem CO₂-reichen Blute entnommene Serum mehr CO₂ zu binden vermag und eine höhere Titrationsalkalinität (A. R.) besitzt als das Serum des gleichen, aber mit CO₂ von geringerem Druck in Gleichgewicht befindlichen Blutes. *Zuntz* schloß daraus, daß im ersteren Falle CO₂-bindende Substanzen aus den Blutkörperchen in die Blutflüssigkeit übergehen. In Wirklichkeit handelt es sich, wie die neueren Untersuchungen ergeben haben, in der Hauptsache um den entgegengesetzten Prozeß, nämlich einen Anionenaustausch, bei dem unter dem Einfluß der Massenwirkung der Kohlensäure aus dem NaCl freigesetztes Chlor aus der Blutflüssigkeit in die Körperchen bzw. (bei Verminderung des CO₂-Drucks) in entgegengesetzter Richtung wandert.

Mit steigendem CO₂-Druck wird also immer mehr Natrium in der Blutflüssigkeit zur CO₂-Bindung frei gemacht, während die Blutkörper-

chen sich mit HCl beladen. Dies müßte aber wieder zu einer Säuerung der Blutkörperchen führen, wenn dort nicht ein anderer sehr wirksamer Puffer vorhanden wäre, nämlich der saure Blutfarbstoff, das Hämoglobin, bzw. seine O₂-Verbindung, das Oxyhämoglobin, und deren Salze. Das Hämoglobin ist ein Ampholyt, aber (da sein isoelektrischer Punkt auf der sauren Seite des Neutralpunkts liegt) bei allen physiologischerweise in Betracht kommenden Reaktionsverschiebungen stets eine Säure; diese ist mit mehr oder minder großen Mengen Alkali, und zwar in den Blutkörperchen hauptsächlich mit Kalium, verbunden, das gegebenenfalls zur Absättigung der stärkeren Säuren: H₂CO₃ und HCl zur Verfügung steht.

Hierbei ist von besonderer Bedeutung der Umstand, daß das Oxyhämoglobin eine viel stärkere Säure ist als das reduzierte Hämoglobin: In der Lunge, wo bei hohem O₂-Druck die Aufnahme des O₂ in das Blut erfolgt, wird also in den Blutkörperchen eine relativ starke Säure gebildet, die die CO₂ aus ihrer Alkaliverbindung verdrängt und ihre Abgabe erleichtert; in den Geweben, wo das Hämoglobin seinen O₂ durch Abwanderung desselben in die Gewebe zum Teil verliert, wird umgekehrt das Alkali des Hämoglobins zur Bindung der von den Geweben abgegebenen CO₂ und des durch sie aus der Blutflüssigkeit verdrängten Cl in wachsendem Ausmaße zur Verfügung stehen. Darnach lassen sich die hauptsächlichsten beim Gasaustausch in den Geweben und in der Lunge sich abspielenden reaktionsregulatorischen Vorgänge durch das Schema auf S. 651 veranschaulichen (die → geben die Richtung des Reaktionsverlaufes bzw. der Diffusion der Reaktionsprodukte an; das Hämoglobin-Anion ist mit Hb, das Oxyhämoglobin-Anion mit HbO₂ bezeichnet):

6. Die Reaktionsregulation durch den Kreislauf.

Zum Abschluß der Erörterung der verschiedenen Mechanismen, die der Reaktionsregulation dienen, muß noch mit einigen Worten darauf hingewiesen werden, daß auch der Kreislauf als Ganzes an ihr beteiligt ist. Da das Blut, wie wir eben gesehen haben, ein so vortrefflicher Reaktionsregulator ist, so muß auch die Menge und die Schnelligkeit, mit der es durch die Gewebe hindurchströmt, für den Ausgleich von Reaktionsstörungen im Inneren derselben von großer Bedeutung sein. Die längst bekannte Erscheinung, daß die (mit einer Vergrößerung der *ch* verbundene) Tätigkeit der Organe mit einer stärkeren Blutdurchströmung einhergeht, steht also offenbar nicht bloß im Dienste des erhöhten Stoffwechsels, sondern gleichzeitig auch in dem der Reaktionsregulation. In der Tat haben neuere Untersuchungen, besonders von *Fleisch*²⁸⁾ und von *Atzler*²⁹⁾ gezeigt, daß (ganz entsprechend den bei

²⁶⁾ Es handelt sich um Gemische schwach dissoziierter Säuren mit deren stark dissoziierten Salzen. Bei Zusatz alkalischer Lösungen zu einem solchen Gemisch wird ein Teil dieser Säure neutralisiert, wodurch keine nennenswerte Verminderung der *ch* bewirkt wird, und bei Zusatz starker Säuren wird durch die Umsetzung wieder nur schwach dissoziierte Säure erzeugt, so daß keine erhebliche Vermehrung der *ch* daraus resultiert.

²⁷⁾ Vgl. n. a. besonders die neuen Arbeiten von *Van Slyke* und Mitarbeitern, Journ. biol. Chem. 54, 121, 431, 507, (1922); *Kl. Meier*, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. 29, 322 (1922); *Dautrebande* u. *Davies*, Journ. Physiol. 57, 36 (1922/23).

²⁸⁾ *A. Fleisch*, Ztschr. f. allg. Physiol. 19, 270 (1921)

²⁹⁾ *Atzler* und *Lehmann*, Pflügers Arch. 190, 118 (1921); 193, 463 (1922); 197, 221 (1922).

Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft.

In Hannover tagte am 11. und 12. Mai d. J. die Deutsche Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie. Diese Gesellschaft verkörpert eine höchst glückliche Symbiose von Wissenschaft und Technik, und auf ihren Hauptversammlungen halten sich diejenigen, die im Forschungslaboratorium und am Schreibetisch lediglich dem Spruche folgen: „Suche die Wahrheit und frage nicht, ob sie nützt“, mit denen die Wage, denen die Ausnützung der kleinen und großen Wahrheiten zur Meisterung der stofflichen und energetischen Naturschätze zumeist am Herzen liegt. So erfüllen diese Tagungen die doppelte Aufgabe, den Forschern Gelegenheit zu geben, in Rede und Gegenrede, Vorführung und Kritik ihre Ansichten auszutauschen und Streitfragen zu klären, und andererseits den Technikern und überhaupt allen den Fachgenossen, denen nur zu oft das Tagewerk die Bewältigung der immer mehr anschwellenden Fachliteratur erschwert, nun in lebendigen Vorträgen ein Bild der neuesten Forschungsergebnisse zu verschaffen — wobei sie mitunter staunend erfahren, welch reiche Ernte auf einem Gebiete eingeheimst worden ist, das noch vor kurzer Zeit ganz brach lag, ja vielleicht überhaupt noch unentdecktes Land war. Dies galt z. B. von der Vortragsreihe, die 1920 in Halle die Atomstruktur behandelte, nicht minder aber auch von dem Thema, dem diesmal die zusammenfassenden Vorträge des ersten Vormittags und auch noch mehrere Einzelvorträge gewidmet waren: „Zur physikalischen Chemie des kristallisierten Zustandes“. Unter diesem anspruchlosen Titel enthielten sich die gewaltigen Fortschritte, die dank dem Zaubermittel der Röntgenstrahlinterferenzen in einem einzigen Jahrzehnt unsere Kenntnisse von der Art und Lagerung der Bausteine der Kristalle erfahren haben, Fortschritte in der Methodik, in den Ergebnissen, in deren Deutung und schließlich auch in der Anwendung auf praktische Fragen.

Ein Gesamtbild dieses Gebietes entwarf der erste Vortragende, der Kristallograph *B. Groß* (Greifswald). Er zeigte, wie dank den Arbeiten von *Bravais*, *Sohncke*, *Schönflies*, *Fedorow* u. a. die geometrischen Eigenschaften aller denkbaren Raumgitter — der 14 einfachen Gitter und der 32 Gruppen von im ganzen 230 Punktsystemen — in der Theorie fertig vorlagen, lange ehe *v. Laue* die Realität dieser Gedankengebilde durch sein geniales erstes Röntgenstrahlexperiment erwies. Seitdem ist eine große Zahl kristallisierter, kristallinischer oder kryptokristallinischer Stoffe — Elemente, Salze, organische Verbindungen bis zu den gewachsenen Faserstoffen — nach den verschiedenen Verfahren der Röntgenstrahlinterferenzbilder auf ihre Kristallstruktur untersucht worden, und die daraus gefolgerten Anordnungen der Atome in den Kristallen geben dem Chemiker eine Fülle von Anregungen, aber auch von Rätseln. Warum erweist sich der KCl-Kristall deutlich gyroedrisch, während bei NaCl Entsprechendes nicht festgestellt werden konnte? Warum bilden die Raumgitter der meisten regulär kristallisierenden Elemente flächenzentrierte Würfel, aber die Alkalimetalle sowie Cr, Mo, W u. a. raumzentrierte? Ebenso auffallend ist die Struktur der Cäsiumhaloide als raumzentrierte Würfel im Gegensatz zu den übrigen Alkalihaloiden. Dann der Molekelbegriff! Früher hatten die meisten Chemiker angenommen, daß die Partikeln, deren regelmäßige Wiederholung das Kristallgefüge ausmacht, also die „Molekeln“ der festen Körper, aus einer größeren Zahl von Gas- oder Flüssigkeitsmolekeln poly-

merisiert seien; nun hat sich herausgestellt, daß die Raumgitterpunkte mit einzelnen Atomen — neutralen oder ionisierten — besetzt sind. Wenn im Steinsalz-kristall jedes Cl-Ion von 6 Na-Ionen, jedes Na-Ion von 6 Cl-Ionen umgeben ist, so läßt sich kein Paar NaCl herausheben, das man als eine einzelne Molekel bezeichnen könnte. Im Grunde hat auch der Begriff der Molekel, d. h. des kleinsten sich selbständig fortbewegenden Teilchens, wie *Tammann* einmal hervorgehoben hat¹⁾, im Kristall keinen Sinn; er bekommt einen solchen erst unter Bedingungen, bei denen das Kristallgefüge sich lockert, also in der Nähe der Schmelztemperatur, wo die innere Diffusion beginnt, oder bei der Verdampfung oder Auflösung, wo die an der Kristalloberfläche liegenden Atome den Gitterkräften entzweifeln und als Molekeln in die gasförmige oder flüssige Phase übergehen. Im Gitter selbst haben wir nur den „Elementarkörper“ (den rein geometrischen Begriff des kleinsten Kristallteiles, durch dessen Parallelverschiebung der ganze Kristall sich aufbauen läßt) und „Baugruppen“, d. h. Gruppen von verhältnismäßig nahe aneinander gelagerten Atomen. Die Baugruppen können sich unter Umständen mit den Molekeln oder Ionen decken; bei der scharfen Unterscheidung zwischen „Molekelgittern“ und „Ionen-gittern“ stößt man aber auf Schwierigkeiten. So sind wir noch weit davon entfernt, den Zusammenhang zwischen den Gitterkräften und den chemischen Valenzen zu erfassen; und doch muß dies das Ziel der weiteren Forschung bleiben. Dazu wird es erforderlich sein, einerseits durch verfeinerte Messung der Intensitäten der Interferenzbilder die Ladung der einzelnen Gitterpunkte genauer zu studieren, andererseits die Kohäsionskräfte des Kristalls in ihrer Abhängigkeit von der Richtung zu ermitteln.

Einen Gedanken von *Barlow* und *Pope* weiter spinnend, hatte *Bragg* bei Kristallen von festgestellter Struktur die Atome sich soweit kugelförmig aufgebläht gedacht, bis sie sich gegenseitig berühren. Man kommt dann zu einer Raumbanspruchung, die für die Atome eines und desselben Elementes häufig — aber nicht immer — übereinstimmt, also eine Art von konstanten „Atombereichen“ darstellt; die so ermittelten Werte lassen sich dann zur Aufhellung des Feinbaues anderer kristallisierter Verbindungen benutzen. Kristallstrukturmodelle dieser Art wurden namentlich von *F. Rinne* (Leipzig) vorgeführt. Sie geben ein anschauliches Bild von der Aneinanderreihung der verschiedenartigen Atome einer kristallisierten Verbindung, das aber mit den vom chemischen Standpunkte zu erwartenden Bindungsverhältnissen nicht immer in Einklang zu bringen ist. Jedenfalls muß der Chemiker auch Kräfte zwischen den sich nicht „berührenden“ Atomen berücksichtigen. Übrigens wies *Nernst* in der Diskussion darauf hin, daß diese Anschauung an dem Mangel leidet, die Nullpunktsenergie und die Wärmebewegung der Atome zu vernachlässigen.

Unter den Methoden der Kristallgitterbestimmung mit Röntgenstrahlen zeichnet sich diejenige von *M. Polanyi* (Berlin-Dahlem) durch ihre Eleganz aus. Dabei wird der Kristall im homogenen Röntgenlicht um eine kristallographische Kante gedreht; so entstehen auf dem zylindrisch den Kristall umgebenden Film Interferenzstreifen, die in einigen wenigen geradlinigen Schichten angeordnet sind. Der Abstand der einzelnen „Schichtlinien“ von einander gibt durch eine ganz ein-

¹⁾ Vgl. Naturw. 1921, S. 905.

fache Umrechnung ohne weiteres den Abstand der Gitterpunkte (die „Identitätsperiode“) auf der als Drehaxe gewählten Kante. Weitere Aufnahmen unter Benützung anderer Kanten, ferner die Berücksichtigung der Symmetrieverhältnisse und des Molekularvolumens ergeben so viele Anhaltspunkte, daß die Anordnung der Atome im Gitter mit großer Sicherheit festgelegt werden kann. Auf diesem Wege wurde u. a. das Gitter des Zinns bestimmt und — abweichend von anderen Angaben — dem des Diamanten verwandt gefunden. H. Mark (Berlin-Dahlem) hat nach dem gleichen Verfahren den Feinbau des rhombischen Schwefels und der einiger organischer Verbindungen — des Harnstoffs und des Hexamethylentetramins gemessen. Mit der oben erwähnten Einschränkung hinsichtlich der Unklarheit der Beziehungen zwischen den Kristall- und Valenzkräften sind diese Strukturbestimmungen vielversprechend für die Nachprüfung der auf ganz anderen Grundlagen erschlossenen Strukturformeln der organischen Chemie.

An Amalgamen hat Frh. Cl. v. Simson (Berlin) nach dem Verfahren von Debye und Scheerer Kristallstrukturbestimmungen ausgeführt. Zinnamalgam zeigt bis zu 5 Atomprozenten Hg das Zinngitter, darüber hinaus ein hexagonales Gitter (nicht das des festen Quecksilbers), in einem kleinen Gebiete beide nebeneinander. Auf Grund dieser Befunde muß das bisher angenommene Zustandsdiagramm der Zinn-Quecksilber-Legierungen berichtigt werden. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Zinkamalgam; auch Bleiamalgame wurden gemessen.

Die langsame Diffusion in kristallisierten Metalllegierungen hat H. Braune (Hannover) gemessen, indem er das Eindringen von Gold in Gold-Silber-Mischkristalle fünf Monate lang verfolgte. Der dadurch angezeigte langsame Platzwechsel im Gitter weist einen steilen Temperaturanstieg auf, weil dann zunehmend häufiger bei den Wärmeschwingungen genügend große Elongationen auftreten. Ein zweites Anzeichen des Platzwechsels in kristallisierten Verbindungen ist die elektrolytische Leitfähigkeit, wobei häufig nur das eine Ion zu wandern scheint.

Auch G. Tammann (Göttingen) ging in seinem inhaltreichen Vortrage davon aus, daß in den kristallisierten Stoffen bei genügend weit vom Schmelzpunkt entfernten Temperaturen nur die Atome um ihre Gleichgewichtslagen schwingen, ein Platzwechsel von Molekeln also nicht stattfindet. Infolge der Gitterkräfte ist der Wärmeinhalt der Molekeln im kristallisierten Zustand ein anderer als im amorphen, dem entspricht ein verschiedenes chemisches Verhalten. Gläser reagieren immer schneller als Kristalle. Einblick in diese Verhältnisse bekommt man durch das Studium von Reaktionen pulverförmiger Gemenge, die häufig beim Erhitzen plötzlich eintreten und bisher nur wenig beachtet worden sind. Dabei muß neben der Aufnahme der Erhitzungskurve immer die chemische Untersuchung einhergehen. Diese Methode sei vielversprechend für die Silikatchemie. Z. B. gibt Ton bei 600° sein Wasser ab und die Tonerde wird löslich, bei 900° aber wieder unlöslich. Besonders interessant sind die durch schwedische Forscher beobachteten Reaktionen zwischen BaO und CaCO₃ in pulverförmiger Mischung, wobei die CO₂-Gruppe bei 200° vom CaO zum BaO springt, ohne daß im Dampf CO₂ nachweisbar wäre. Ähnlich springt in Gemengen gepulverter wasserfreier Sulfate mit BaO die SO₃-Gruppe bei 800° zum BaO. Weiterhin ging Tammann auf die in diesen Spalten schon mehrfach²⁾ geschilderte Resistenz der

Legierungen gegen flüssige Reagentien ein, deren merkwürdige scharfe Sprünge bei bestimmten einfachen atomistischen Mischungsverhältnissen zwischen den Legierungsbestandteilen er durch räumliche Schutzwirkung des edleren Metalles erklärt. Die Schutzwirkung tritt aber nur dann ein, wenn die Bestandteile möglichst vollständig durchgemischt und im Raumgitter möglichst symmetrisch gelagert sind. Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so fehlen auch die scharfen Sprünge. Das ist z. B. der Fall bei elektrolytisch abgeschiedenen Legierungen, bei denen die Kurve der elektrolytischen Potentiale in Abhängigkeit von der Zusammensetzung kontinuierlich vom unedleren zum edleren Metall verläuft. Ähnlich sind Gläser aus Borsäure und Kieselsäure zu beurteilen, bei denen die Borsäure durch Wasser herausgelöst wird und die Anzahl der Atome Si, die ein Atom B schützen, sich lediglich nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen berechnet. Bei der Anwendung der Thermodynamik auf Mischkristalle muß Vorsicht walten; ihre Regeln sind nicht anwendbar für Gleichgewichte zwischen flüssigen und solchen festen Lösungen, bei denen die innere Diffusion ausgeschlossen ist.

Diesen Einwand erhob Tammann auch gegen K. Herfeld (München), der über die thermodynamische Berechnung der Mischbarkeitsgrenzen und -lücken bei Mischkristallen aus der Mischungswärme (die sich in einfachen Fällen aus Borns Gittertheorie ableiten läßt) berichtete. Auch müsse bei Mischkristallen, die sich aus wässrigen Lösungen abscheiden, sorgfältig geprüft werden, ob es sich nicht um mechanische Gemenge handelt.

Wie wichtig die röntgenographische Forschung für Fragen der technischen Mechanik geworden ist — und sicherlich in noch höherem Grade werden wird —, zeigten die beiden aus den Arbeiten der Kaiser-Wilhelm-Institute für Eisenforschung und für Faserstoffchemie hervorgegangenen Vorträge von F. Körber (Düsseldorf) „Röntgenanalyse und Festigkeitslehre (Materialkunde)“ und M. Polanyi (Berlin-Dahlem) „Deformation von Einkristallen und Kaltbearbeitungsfragen“, deren Inhalt sich einer kurzen Berichtersattung entzieht. Auch auf diesem Gebiete erweisen sich sowohl die Methoden der Röntgenstrahlinterferenz wie die damit ausgebildeten Gittervorstellungen als sichere Führer zur Klärung bisher unverstandener Erscheinungen.

Eine ganz andere, für den analytischen Chemiker überraschende Anwendung der Röntgenspektren veranschaulichte einer der beiden Entdecker des neuen Elementes Hafnium³⁾, D. Coster (Kopenhagen), in seinem Vortrage „Qualitative und quantitative Analyse durch Röntgenstrahlen“. Sie beruht darauf, daß die von der Antikathode einer Röntgenröhre ausgehenden Strahlen nach Reflexion an einer Kristallfläche neben dem kontinuierlichen ein aus einzelnen Linien bestehendes, für das Material der Antikathode charakteristisches Spektrum bilden, das viel einfacher ist als die optischen Spektren und sich von Element zu Element in der Reihenfolge ihrer Ordnungszahlen nach dem einfachen Gesetz von Moseley fortschreitend ändert. Von Na bis U sind jetzt die Röntgenspektren ausgemessen, die K-Serie bei den leichteren Elementen, die L-Serie bis Cu, die M-Serie bis zu den seltenen Erdmetallen, die N-Serie für die schwersten Elemente. Da bei Gemengen oder Verbindungen, die auf die Antikathode gebracht wer-

³⁾ Vgl. Naturw. 1922, S. 411.⁴⁾ Vgl. Naturw. 1923, S. 133.²⁾ Naturw. 1921, S. 619, 905.

ten, jedes Element für sich sein Röntgenspektrum liefert, so hat man ein sehr bequemes und dabei empfindliches Verfahren zur qualitativen Analyse, ohne daß irgend ein chemischer Eingriff an der zu untersuchenden Probe vorgenommen zu werden braucht. Die quantitative Analyse stützt sich darauf, daß Elemente mit benachbarten Ordnungszahlen, wenn man jeweils die gleiche Anzahl Atome von ihnen auf die Antikathodenfläche bringt, Röntgenlinien von gleicher Intensität liefern, weil bei solchen benachbarten Elementen sowohl die kritische Anregungsspannung wie die Energie der inneren Elektronen nahezu gleich ist. Werden also der Probe wechselnde bekannte Mengen eines dem zu bestimmenden benachbarten Elementes beigemischt, so ergibt der Vergleich der Intensität der beidseitigen, einander entsprechenden Interferenzlinien die gesuchte Konzentration. Dabei braucht die Stärke der Linien nicht unbedingt photometrisch gemessen zu werden; nach einiger Übung kann man die Intensitäten auch abschätzen oder nach der Schnelligkeit beurteilen, mit der bei der Entwicklung der Platte die einzelnen Linien nacheinander erscheinen. Das Verfahren, dessen Fehlerquellen der Vortragende streifte, wird sich noch verfeinern lassen. Jedenfalls darf man nicht bloß einzelne Linien ausmessen, sondern muß das ganze Spektrum heranziehen, um sich vor Mißdeutungen zu schützen. Bei der Darstellung des Hainiums und der Bestimmung der Unterschiede seiner Eigenschaften von denen des Zirkons hat sich das Verfahren bewährt. Eine ähnliche Methode ist übrigens, wie in der Diskussion festgestellt wurde, schon von *Stintzing* (Gießen) angewandt worden, der zur Intensitätsmessung eine Reihe übereinandergelegter Filme benutzte und prüfte, auf wievielen Filmen die Linien noch sichtbar waren.

W. Biltz (Hannover) hat Kristallstrukturmessungen mit Röntgenstrahlen in den Dienst der Aufklärung chemischer Probleme, nämlich der Komplexbildung von Salzen mit Ammoniak, gestellt. Im Laufe der Jahre sind von ihm und seinen Mitarbeitern etwa 170 Salz-ammoniakate aus den Salzen und gasförmigem Ammoniak dargestellt, ihre Bildungswärme und — durch Tensionmessungen — ihre freie Bildungsenergie ermittelt worden. Dabei hatten sich trotz großer Vielseitigkeit doch gewisse systematische Regelmäßigkeiten ergeben. Die Tendenz der Komplexbildung nimmt z. B. vom Li zum Cs ab, dessen Haloidsalze keine Ammoniakate mehr bilden. Ähnliche Reihen bilden die Anionen der Salze. Die Zahlen der aufgenommenen Ammoniakmolekel sind am häufigsten 2, 4, 6, 8, doch kommen auch ungerade Zahlen vor; im letzten Falle ist aber die Abhängigkeit der Bildungstendenz vom Anion die umgekehrte wie bei den geradzahligen Komplexen. Dichtemessungen führten dann zu einem Zusammenhang zwischen der Ammoniakatbildung und der Kontraktion bei der Bildung des Salzes selbst. Schließlich gaben die Raumgitterbestimmungen der Ammoniakatkristalle Anlaß zu Betrachtungen — auf Grund der Bragg'schen Vorstellung von dichtester Kugelpackung — über den Raum, den das gebundene Ammoniak beansprucht, und zu der Auffassung, daß ein Teil der Bildungsenergie der Ammoniakate auf die Aufweitung des Gitters zu rechnen ist. Damit hängt dann die verschiedene Beständigkeit der Komplexe und der Einfluß des Anions und Kations zusammen. Bei den Kupfer- und Silbersalzen, die sich in gewissen Beziehungen invers zu den übrigen Salzen verhalten, ist keine Raumverweiterung anzunehmen. Hierzu bemerkte *K. Fajans* (München), daß diese letzten Schlußfolgerungen mit seiner Vorstellung

von der „Deformation“ der Elektronenhüllen⁵⁾ der Atome bei chemischer Verbindung im Einklang stehen. Denn diese Deformation ist bei den Silberhaloiden (die zu den mehr homöopolaren Verbindungen zu rechnen sind) viel größer als bei den Alkalihaloiden; die dadurch bedingte Verkleinerung der Atomabstände erklärt die Beobachtung der „inversen Reihen“ von *Biltz*.

Näher ging *Fajans* auf diese Auffassung in seinem eigenen Vortrage ein. Er führt sowohl Änderung der Molekularrefraktion wie Färbung wie Schwerlöslichkeit auf Deformation der Elektronenhülle des Anions durch das Kation zurück; die Silberhaloide sind schwer löslich, weil infolge der Deformation und Annäherung der Atome ihre Gitterenergie viel größer als die der Alkalihaloide ist. So gelangt er dazu, auch gewisse Farbumschläge, die er bei der Titration von Silbersalzen bei Gegenwart von Fluorescein oder dessen Halogenderivaten beobachtet hat und nun demonstrierte, durch die „Deformation“ zu deuten. Von *Nernst* und *Biltz* wurde allerdings dieser Begriff als zu vage abgelehnt.

Von anderen Gesichtspunkten aus erörterte *F. A. Henglein* (Danzig-Langfuhr) die Raumerfüllung in Kristallen. Er hat für die Molekularvolumina einiger Gruppen anorganischer Verbindungen, soweit sie die gleiche Kristallstruktur aufweisen, empirisch gewisse, durch Linearbeziehungen auszudrückende Regelmäßigkeiten gefunden, wobei aber seltensamerweise die Anteile des Anions und Kations als Faktoren eines Produktes auftreten, was in der Diskussion als schwer begreiflich bezeichnet wurde.

Den Zusammenhang der Kristallstruktur mit der Lumineszenzfähigkeit behandelten *E. Tiede* und *A. Schleede* (Berlin). Durch röntgenographische Untersuchungen nach *Debye* und *Scherrer* hat jener festgestellt, daß Calciumwolframat (das in der Röntgentechnik viel benutzt wird) um so besser fluoresziert, je besser seine Kristallstruktur ausgebildet ist, was durch geeignete Erhitzung oder auch durch Altern erreichbar ist. Ebenso erwies sich die Lumineszenzfähigkeit von Borstickstoff um so stärker, je ausgeprägter der kristallinische Zustand des Präparates war; darauf beruht auch die günstige Wirkung einer Beimischung von Borsäure. Aber nicht nur die quantitative, auch die qualitative Ausbildung der Lumineszenzerscheinungen hängt mit der Kristallstruktur zusammen. *Schleede* ist es gelungen, Zinksilikat (mit geringer Beimengung von Mangan) je nach der Abkühlungsgeschwindigkeit in drei verschiedenen Farben lumineszierend zu erhalten, rot, gelb oder grün: jedes dieser Präparate zeigte im Röntgenlicht ein anderes Gitter. In einem zweiten Vortrage teilte *Schleede* mit, daß bei kristallisiertem Zinksulfid die Phosphoreszenzfähigkeit in keinem Zusammenhange mit der Eigenschaft steht, durch ultraviolettes Licht (nach Vorbehandlung mit Chloriden oder Bromiden auch durch Sonnenlicht) geschwärzt zu werden.

Einen wichtigen Beitrag zum Wesen der Lumineszenz lieferten die (auch bei anderer Gelegenheit schon vorgetragenen) Experimente und Überlegungen von *H. Kautsky* (Berlin-Dahlem). Besonders elegant ist seine Realisierung eines Übertragungsvorganges, bei dem chemische Energie eines an sich nicht leuchtenden Systems auf einen beigemengten anregungsfähigen Stoff übertragen und dieser dadurch zur Lumineszenz gebracht wird. Bedingungen dafür sind, daß die primäre Reaktion mit hoher Wärmetönung, aber bei niedriger Temperatur verläuft, daß der zugesetzte Stoff

⁵⁾ Vgl. Naturw. 1923, S. 165.

(am besten ein fluoreszierender Farbstoff) auch in der Mischung Leuchtfähigkeit behält und daß die Häufigkeit der Übertragung der Anregungsenergie durch enge Berührung, am besten durch Adsorption an Grenzflächen, gesichert wird. Werden gewisse ungesättigte Siliciumverbindungen, die an sich farblose Pulver sind und keine Chemilumineszenz zeigen, mit kleinen Mengen von Rhodaminfarbstoffen oder Isochinolinrot versetzt (die sie gut adsorbieren) und dann mit Per-manganat oxydiert, so tritt prächtiges Leuchten in der jeweiligen Fluoreszenzfarbe des zugesetzten Farbstoffes auf.

Über die übrigen Vorträge, die noch viel Bemerkenswertes böten — im ganzen wurden 35 gehalten — kann hier nur kurz und in einer naturgemäß willkürlichen Auswahl berichtet werden. Eine Reihe davon beschäftigte sich mit elektrochemischen Fragen.

A. Caden (Göttingen) hat das Studium der hübschen Erscheinungen bei der *elektrolytischen Gasentwicklung*, wobei die Gasbläschen je nach ihrer elektrostatischen Ladung an der Elektrode haften bleiben oder von dieser abgestoßen werden, fortgesetzt. An Palladiumelektroden entwickelter Wasserstoff wird bei entgegengesetzter Ladung in das Metall hineingepreßt, bei gleichsinniger kräftig entwickelt; dies wurde der Voraussage entsprechend vorgeführt an verdünnter Schwefelsäure verschiedener Konzentration, weil in dieser nach früheren Ermittlungen bei großer Verdünnung die Ladung der Wasserstoffbläschen negativ wird.

Mit der Überspannung bei der kathodischen Wasserstoffentwicklung hat sich G. Grube (Stuttgart) beschäftigt und zu entscheiden versucht, ob kapillare oder chemische Kräfte für die Festhaltung des Wasserstoffs an der Elektrode verantwortlich zu machen sind. Seine Versuche mit solchen Elektrodenmetallen, die gasförmige Hydride bilden (Sb oder As), sprechen mindestens für die Mitwirkung chemischer Bindung.

Die bemerkenswerte Tatsache, daß Wasserstoff auch negative elektrolytische Ionen bilden kann, hat K. Peters (Berlin) an dem von Nernst und Moers dargestellten, den Haloidsalzen an die Seite zu reihenden Lithiumhydrid LiH festgestellt; bei der Elektrolyse der geschmolzenen Verbindung gelang es, an der Anode Wasserstoff in der dem Faradayschen Gesetz entsprechenden Menge zur Abscheidung zu bringen.

Die noch immer ungeklärte Frage nach dem *Hydratationsgrad der Ionen* in wässrigen Salzlösungen versucht H. Remy (Hamburg) durch Bestimmung der Wassermenge zu entscheiden, die bei der Elektrolyse mit den Ionen durch ein Diaphragma überführt wird; als solches eignet sich am besten pflanzliches Pergament, weil bei diesem unter bestimmten Bedingungen die störende Elektrosmose praktisch gleich Null ist.

Von Bedeutung für die Technik waren die Vorträge von C. Drucker (Leipzig), der die *Angriffbarkeit von Zink* durch Chlorammoniumlösung (die bei den viel benutzten Leclanchéelementen eine große Rolle spielt) in ihrer Abhängigkeit von der Reinheit des Zinks, seinen Beimengungen und seiner Vorbehandlung und von der Konzentration der Lösung untersucht hat, sowie von A. Starke (Danzig), der die Erzeugung von *Ozon* durch stille elektrische Entladung mittels Er-

höhung der Frequenz des Wechselstroms günstiger gestalten will.

Thermodynamische Probleme wurden u. a. von E. Cohen (Utrecht) behandelt. Er entwickelte, daß sich die bei der Auflösung der Masseneinheit eines festen Stoffes in einer unbegrenzten Menge seiner gesättigten Lösung eintretende Volumenänderung, das „fiktive Lösungsvolumen“, am Grund einer von Braun her rührenden thermodynamischen Gleichung nach vier unabhängigen Verfahren, zwei volumchemischen und zwei elektrochemischen, ermitteln läßt; die Versuche führten für Thallosulfat und Cadmiumjodid zu befriedigenden Ergebnissen.

M. Bodenstein (Berlin) berichtete über die rein thermische Bildung und Zersetzung von *Phosgen*: $\text{CO} + \text{Cl}_2$

COCl_2 eine Reaktion, die auch photochemisch beeinflusst wird und deren Geschwindigkeiten und Gleichgewichte bei verschiedenen Temperaturen nun untersucht. Anschluß des katalysierenden Lichtes auf manometrischem Wege gemessen wurden. Die Ergebnisse, die zu einer interessanten Deutung des Reaktionsverlaufs unter Annahme der vorübergehenden *Entstehung* von Cl und Cl₂ geführt haben, gaben Anlaß zu einer lebhaften Erörterung.

Zwei aus dem bisherigen Acrostischen Institut hervorgegangene Vorträge führten in die Gebiete der *höchsten und tiefsten* im chemischen Laboratorium erreichbaren *Temperaturen*. K. Wohl (Berlin) hat nach der Explosionsmethode von Pier die Wärmekapazität von Wasserstoff, Chlor, Chlorwasserstoff und Gemischen dieser Gase bestimmt und daraus den Grad der *Dissociation* von Cl₂ und von H₂ in die Einzelatome sowie die Wärmetönung dieser Dissoziationen berechnet. Die Dissoziation macht sich nämlich dadurch bemerkbar, daß ihr Wärmeverbrauch mit der Temperatur stärker ansteigt, als die spezifische Wärme des unzersetzten Gases.

Fr. Simon (Berlin) beschrieb einen Apparat, mit dem sich ohne Schwierigkeiten bis herab zu 9° abs. arbeiten läßt; es gelang ihm, damit die theoretischen äußerst wichtigen thermischen Werte von *Wasserstoff bei tiefsten Temperaturen* zu messen: den Dampfdruck, die Verdampfungswärme und die spezifische Wärme von festem und flüssigem Wasserstoff, die Schmelzwärme des festen und die Werte des Tripelpunktes bei dem fester, flüssiger und gasförmiger Wasserstoff mit einander im Gleichgewicht stehen: 14° abs., 5,38 mm Hg-Druck.

Auf Grund dieser Werte machte K. Bannwitz (aus dem gleichen Institut) durch theoretische Überlegungen die Existenz einer „*Nullpunktsenergie*“ („Energie, die einem andern Verteilungsgesetz als dem Maxwell'schen unterliegt“) wahrscheinlich. Durch die Annahme einer solchen, auch beim absoluten Nullpunkt den Molekeln noch zukommenden Energie wird das Weltbild einfacher.

Schließlich sei noch erwähnt, daß A. Stock (Berlin-Dahlem) ein neues Modell seiner so bequemen, zuverlässigen und für das chemische Laboratorium besonders geeigneten *Tensionsthermometer* vorführte, bei denen die Temperaturmessung durch die Messung der Dampfspannung gewisser Normalstoffe ersetzt ist. Für eine ganze Reihe von solchen ist jetzt die Tensionskurve festgelegt, so daß das ganze Temperaturgebiet zwischen -200° und Zimmertemperatur auf diesem Wege meßbar ist.

Fr. Au.

⁹⁾ Vgl. Naturw. 1922, S. 1054.

Besprechungen.

Oppenheimer, Carl, und Otto Weiß, Grundriß der Physiologie für Studierende und Ärzte. I. Teil. Biochemie. 4. Aufl., VIII, 349 S. und 7 Abb. II. Teil. Biophysik. 2. Aufl., XII, 307 S., 180 Abb. u. 1 Tafel. Leipzig, Georg Thieme, 1922. Preis pro Band Gz. geh. 4; geb. 6.

Der „Grundriß“, der fast ein Lehrbuch ist, zerfällt in zwei Teile: Biochemie und Biophysik. Es ist zweifellos zu begrüßen, daß diese beiden Teile der Physiologie von zwei verschiedenen Fachmännern bearbeitet sind. Denn es ist für den einzelnen schwer, ja fast unmöglich, beide Gebiete in gleicher Weise zu beherrschen. — Die „Biochemie“ behandelt in dem ersten Abschnitt systematisch die chemischen Stoffe des Tierkörpers, im zweiten Abschnitt die chemischen Funktionen der Gewebe und der Organismen. Im ersten Abschnitt finden sich die Unterabteilungen: Acyclische Verbindungen, Cyclische Verbindungen, Proteine, Fermente, Antigene; im zweiten: Nährstoffe, Stoffwechsel, Aufnahme und Transport der Nährstoffe, Sekretion und Exkretion, Regulierung der Funktionen, Stütz-, Nerven- und Muskelgewebe.

Das Ganze ist mit großer Gründlichkeit und Klarheit behandelt, so daß die Durcharbeitung auch dem Medizinstudierenden, der ja häufig mit einer gewissen Abneigung an das Studium der „Biochemie“ herantritt, keinerlei Schwierigkeiten machen dürfte. Auch die jüngsten wesentlichen Forschungsergebnisse sind in dem Werk berücksichtigt: Die neueste Hypothese über den Bau der Polysaccharide, die chemischen Vorgänge bei den verschiedenen Arten der Hefegärung, die bisherigen Kenntnisse über die Vitamine, über das Schilddrüsenhormon Thyroxin, über den Oxydationsüberträger Glutathion, über den chemischen Mechanismus bei der Muskelkontraktion (Lactacidogen usw.). Auch die kolloidchemischen und physikalisch-chemischen

Fragen sind eingehend und gründlich behandelt. — Einige Unkorrektheiten fallen auf, die bei einer späteren Auflage leicht geändert werden können, z. B.: S. 67: „Tyramin ist nur in Pflanzen (Secale) gefunden worden“ (Es findet sich auch im Tierkörper). S. 58: „Glykogen soll nach *Karrer* nur durch einen anderen Polymerisationsgrad von Stärke unterschieden sein“ (*Karrer* nimmt sogar völlige Identität als wahrscheinlich an [Ergebn. d. Physiol. 20, 433, 22]). S. 69: „Ein Hormon der Hypophyse ist das Histamin“ (Dies ist von *Hanke, Koeßler, Dale und Dudley* sehr in Frage gestellt). S. 73: Cholsäure, Desoxycholsäure und Lithocholsäure enthalten keine Keto-, sondern OH-Gruppen. S. 264: „Im Munde wird Stärke bzw. Glykogen angegriffen. Es bildet sich Traubenzucker“ (Hauptsächlich entsteht Malzzucker). Nicht recht einzusehen ist, warum bei der Einteilung der Proteine (S. 132) die „Muskelproteine“ als gleichwertig mit Albuminen, Globulinen, Proteinoiden und Histonen registriert werden. Theorien, wie die der „Kammstruktur der Zellulose“ (*Hell*) sollten möglichst nicht in einen Grundriß der Physiologie aufgenommen werden, da sie nur neue Verwirrung anrichten könnten.

Der zweite Teil „Biophysik“ bringt nach einer allgemein gehaltenen Einleitung über das Wesen der lebendigen Organismen: Allgemeine Nervenphysiologie, allgemeine Physiologie der Bewegung (mit allgemeiner Muskelphysiologie), Physiologie der Elektrizitätserzeugung, organische Lumineszenz, spezielle Physiologie der Bewegung (mit Physiologie des Herzens und der Blutgefäße), Zentralnervensystem, Sinnesorgane, Tierische Wärme. — Auch dieser Teil ist knapp und dabei doch klar und übersichtlich gehalten.

Das Werk, dessen beide Teile auch gesondert zu beziehen sind, kann zu einer Einführung in das Wesen der Physiologie nur empfohlen werden.

Fritz Wrede, Greifswald.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes beim Phototropismus der Pflanzen.

Die Bemühungen, die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes beim Phototropismus der Pflanzen nachzuweisen, gehen schon weit zurück. Zuletzt hat im Vorjahre *Lundegårdh* Versuche mitgeteilt, die er in diesem Sinne auslegt. Er belichtete Haferkeimlinge von zwei entgegengesetzten Seiten verschieden lange und bemerkte, daß die Stärke der Reaktion mit der Dauer der zweiseitigen Vorbelichtung in einer logarithmischen Kurve abnahm. Er hat also nur die Belichtungszeit und nicht die Helligkeit variiert, und auch erstere nur innerhalb enger Grenzen, denn er begnügte sich mit Vorbelichtungen von 0–6". Aus diesem Grunde und wegen der geringen Genauigkeit der Methode konnten die Grenzen der Gültigkeit und etwaige Abweichungen nicht festgestellt werden.

Der Verf. benutzte eine ganz andere Versuchsanordnung. Keimlinge von verschiedenen Getreidearten und auch vom Raps wurden zwischen zwei Mattscheiben gestellt, die durch eine und dieselbe Lichtquelle mit Hilfe von Spiegeln gleich stark belichtet wurden. Es blieb dann zunächst jede phototropische Reaktion aus. Nun wurden auf beiden Seiten in den Gang der Licht-

strahlen rotierende Scheiben mit genau abgemessenen Sektoröffnungen gebracht, deren eine verstellbar war. Wurde auf diese Weise auf einer Seite mehr Licht abgeblendet als auf der anderen, so trat eine Krümmung auf, vorausgesetzt, daß die Differenz nicht zu klein war. Auf diese Weise konnten genaue Messungen der Unterschiedsschwellen angestellt werden. Die Lichtmengen konnten sowohl durch Wechsel der Lichtquellen als auch der Sektorauschnitte variiert werden. Im ganzen wurde auf diese Weise ein Helligkeitsbereich umfaßt, dessen geringste Helligkeit sich zur größten wie 1:60 verhielt. Die Unterschiedsschwellen der einzelnen Versuchspflanzen wurden dadurch nicht beeinflusst, doch waren sie untereinander verschieden.

Das Webersche Gesetz gilt also innerhalb dieses Bereiches und nach oben hin sicherlich auch weiter, und zwar sowohl für die Belichtungszeiten als auch für die Helligkeiten. Die Reihenfolge der einzelnen Objekte nach der Unterschiedsschwelle stimmt bei den Getreidekeimlingen mit der nach den Präsentationszeiten überein. Allerdings zeigt sich, daß *Avena sativa* dieselbe Unterschiedsschwelle hat wie *Triticum sativum*, obgleich letzteres eine viel höhere Präsentationszeit aufweist.

Prag, den 17. Juni 1923.

E. G. Pringsheim.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 30. (Seite 657—668.)

27. Juli 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Vom Abbau der Cellulose in der Natur. Von **C. Neuberg**, Berlin-Dahlem. S. 657.

Überempfindlichkeitskrankheiten. Von **W. Storm van Leeuwen**, Leiden. S. 660.

Zur Parabiosefrage. S. 665.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Atomordnung der kristallisierten Elemente. Von **J. Beckenkamp**, Würzburg. S. 667.

Botanische Mitteilungen. S. 667—668.

Lichtkrümmung und Lichtwachstumsreaktion.

Eine im direkten Sonnenlicht nicht lebensfähige Sippe von *Avena sativa*. Die Keimungsrichtung von Fucoseiern und die Theorie der Lichtperzeption.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

In diesen Tagen erscheint:

Formen und Kräfte in der lebendigen Natur. Beitrag VII zur synthetischen Morphologie. Von Prof. Dr. **Martin Heidenhain**, Vorstand des Anatomischen Instituts zu Tübingen. Mit 22 Abbildungen. (Aus: Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen. Von Prof. **Wilhelm Roux**. Heft 32.) GZ. 5,6

Inhaltsübersicht:

I. Hauptteil: Die aequipotentiellen Systeme und die analytische Theorie der Entwicklung von **Driesch**: A. Historische Einleitung; Zellenlehre und Totalitätsidee, analytische und synthetische Auffassung. B. Die Untersuchungen am Seeigelkeim. C. Die aequipotentiellen Systeme der Speicheldrüsen. D. Parallelen zwischen den aequipotentiellen Systemen des Echinidenkeimes und der Speicheldrüsen. E. Zur Kritik der aequipotentiellen Systeme. F. Die „Funktion der Lage“.

II. Hauptteil: Die Beziehung zwischen Formen und Kräften in der lebendigen Natur: G. Einleitung; Mosaikarbeit und korrelative Entwicklung. H. Ableitung und nähere Kennzeichnung der korrelativen Wirkungen innerhalb der Zellen. I. Die syntonischen oder korrelativen Wirkungen innerhalb der geweblichen Systeme. K. Erscheinungen der Polarität. L. Der Begriff der Potenz. M. Schluß.

Die Grandszahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 8000.— M. für Juli 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 2500.—

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt. Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 18. Juli 1923: 18 500.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—58. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20220 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Der August-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 16 000.— zuzüglich Porto für direkte Zustellung unter Streifband, bzw. Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise bleiben wie bisher.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Entwicklungsgeschichte der modernen Physik.

Zugleich eine Übersicht ihrer Tatsachen, Gesetze und Theorien. Von **Felix Auerbach**. Mit 115 Abbildungen. (VIII, 344 S.) 1923. GZ. 8; gebunden GZ. 10

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Kurzes Lehrbuch der allgemeinen Chemie

Von Julius Gróh

o. ö. Professor der Chemie an der Tierärztlichen Hochschule Budapest

Übersetzt von Paul Hári

o. ö. Professor der physiologischen und pathologischen Chemie an der Universität Budapest

Mit 69 Abbildungen. (VIII, 278 S.) Gebunden GZ. 8

Inhaltsübersicht:

Einleitung. Aufgaben der Physik und der Chemie. Erstes Kapitel. Physikalische Grundbegriffe. Zweites Kapitel. Die Gesetze der chemischen Zusammensetzung und der chemischen Umwandlungen: Die drei Grundgesetze der chemischen Zusammensetzung / Atom- und Molekulartheorie / Die Avogadro'sche Regel; Bestimmung des Molekulargewichtes / Bestimmung des Atomgewichtes / Die Molekularstruktur / Die chemischen Umsetzungen / Die Einteilung der Elemente / Die Einteilung der Verbindungen. *Drittes Kapitel. Thermochemie. Viertes Kapitel. Elektrochemie:* Elektrolitische Dissoziation / Die Elektrolyse / Elektrische Leitfähigkeit der Elektrolytlösungen / Galvanische Elemente / Elektrochemische Deutung der chemischen Erscheinungen. *Fünftes Kapitel. Chemische Mechanik:* Physikalische Systeme / Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen / Chemische Gleichgewichte / Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf die wichtigsten der vorkommenden Fälle. *Sechstes Kapitel. Der kolloidale Zustand. Siebentes Kapitel. Photochemie. Achtes Kapitel. Radioaktivität. Anhang. Die wichtigsten der im chemischen Laboratorium angewandten physikalischen Untersuchungs- und Bestimmungsmethoden:* Gewichts-, Volumbestimmung; Bestimmung des spezifischen Gewichts (der Dichte) / Temperaturmessung / Calorimetrische Bestimmungen / Elektrische Messungen / Optische Untersuchungen / Reinigung und Isolierung der Substanzen.

Die Grundzahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Vom Abbau der Cellulose in der Natur.

Von C. Neüberg, Berlin-Dahlem.

Die unablässig an der festen Erdoberfläche sowie in den Gewässern schaffende Assimilation bringt gewaltige Mengen organischer Substanz durch Umformung des Kohlendioxyds im Chlorophyllapparat hervor. Nach einer Überschlagsrechnung, die man dem Botaniker H. Schroeder verdankt, werden im Mittel 35 Billionen kg organisches Material pro Jahr erzeugt. Den überwiegenden Teil der ungeheuren Stoffmenge macht das hochmolekulare Polysaccharid Cellulose aus. Die Produktion ist so enorm, daß in rund 30 Jahren der Kohlensäuregehalt des Luftmeeres erschöpft wäre. Das bekannte Wechselspiel zwischen Assimilation und Dissimilation sorgt dafür, daß Aero- und Hydrosphäre an Kohlendioxyd nicht verarmen, d. h. mit anderen Worten, daß durch Verbrennungsprozesse irgendwelcher Art die von den lebenden Wesen gebundene Kohlensäure in das Reich der anorganischen Natur zurückkehrt. Wohl kommt es unter besonderen Bedingungen zu erheblicheren Anhäufungen von organischer Substanz auf Erden, als deren bekannteste Beispiele die Kohlenlager, die Torfmoore und die Fundstätten des Petroleums zu bezeichnen sind. Die in dieser Gestalt vorübergehend dem Kreislaufe entzogenen kohlenstoffhaltigen Verbindungen werden durch die eingreifende Tätigkeit des Menschen in beschleunigtem Maße schließlich wieder in Kohlendioxyd übergeführt. Die Quantitäten, um die es sich hier handelt, sind im Vergleich zu denen, die durch fortlaufende Assimulationsleistung entstehen und durch ununterbrochene Abbauprozesse wieder dem Mineralreich zurückerstattet werden, verschwindend, und dabei ist in Betracht zu ziehen, daß die Speicherung jener erwähnten Kohlenstoffschätze durch den einstmals stärkeren Gehalt des Luftmeeres an Kohlensäure ermöglicht sein dürfte. Wenn heute, abgesehen von einem durch Kohlendioxydbindung an Basen, insbesondere an Kalk und Magnesia, also durch Gesteinsbildung, bedingten Verluste im wesentlichen ein Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Abgabe von CO_2 herrscht und wenn man außerdem bedenkt, daß das Hauptdepot der Kohlensäureassimilate aus Cellulose und nahe verwandten Kohlenhydraten besteht, so gelangt man zu der Überzeugung, daß die Umsetzung der Cellulose im Haushalte der Natur einen der allerbedeutungsvollsten Vorgänge darstellt.

Bisher haben wir keinen Anhaltspunkt dafür, daß Tiere und höher entwickelte Pflanzen die aufgenommene Cellulose unmittelbar zu verwerten,

abzubauen und zu oxydieren vermögen. Mit Ausnahme der seltenen und noch nicht hinreichend erforschten Fälle, in denen einige wirbellose Tiere über ein Cellulose¹⁾ lösendes Ferment, über eine Cellulase, verfügen sollen, erfolgt unzweifelhaft in ganz überwiegendem Maße die Umwandlung der Cellulose in der Natur unter Mithilfe der Mikroben. Sie sind es, die mit dem wechselnden Chemismus, der den einzelnen Arten eigen ist, ihre aus Cellulose hervorgegangenen Stoffwechselprodukte der Pflanze wie dem Tiere zur Verwertung zubereiten. Somit ist in praxi jede biologische Ausnutzung der Cellulose schließlich eine mittelbare und zuwege gebracht durch die Tätigkeit von Kleinlebewesen.

Nach den Angaben von Lafar, Emmerling, Pringsheim sowie Langwell und Lloyd Hind kann man sieben Gruppen von Mikroorganismen unterscheiden, die eine Aufspaltung des Zellstoffs bewirken.

1. Mit am längsten bekannt ist die Zerstörung der Cellulose durch Fadenpilze, namentlich vom Typus des Holzwurms, zu dem wir die Arten Polyporus und Merulius zählen. Nach einer Entdeckung von van Iterson gedeihen diese Erreger nicht nur auf Baumteilen, sondern auch auf isoliertem Zellstoff. Soweit bekannt ist, besteht der Celluloseverbrauch durch diese mycelbildenden Pilze in einer Oxydation, welche die Produkte einer vollkommenen Verbrennung liefert.

Von ganz anderer Größenordnung ist die Zersetzung der Cellulose durch Bakterien. Hier hat man folgende voneinander abweichende Vorgänge festgestellt:

2. Bakterieller Angriff der Cellulose unter aeroben Bedingungen. Während Filtrierpapier bei der sauren Reaktion von Monophosphat der erwähnten Zerlegung durch Schimmelpilze anheimfallen kann, wird es nach Befunden, die gleichfalls von Iterson erhoben hat, bei der schwach alkalischen Reaktion sekundären Alkaliphosphates durch eine Anzahl Sauerstoff zehrender Bakterien verändert; die Cellulose geht dabei anscheinend ohne Gasentbindung in rötlich oder gelb gefärbte schleimige Substanzen über. Weder der Chemismus dieser Reaktion noch die Morphologie der dabei in Betracht kommenden Bakterien ist bislang geklärt.

Etwas mehr unterrichtet sind wir über den Zerfall der Cellulose, der bei Luftabschluß in gewaltigem Umfang erfolgt.

3. Abbau der Cellulose durch Wasserstoff erzeugende Erreger. Omelianski hat gezeigt, daß die am Boden ruhender oder wenig bewegter Gewässer vor sich

1) Vermutlich handelt es sich hier nicht um echten Zellstoff, sondern um Hemicellulosen. Für die Celluloseverdauung, die im Magen-Darmkanal der landwirtschaftlichen Nutztiere erfolgt, hat A. Scheinert schon 1906 den bakteriellen Weg mit Sicherheit bewiesen.

gehende und die allbekannte Erscheinung der Sumpfgasbildung bewirkende Zersetzung von Cellulose nicht einheitlicher Natur ist; nebeneinander sind Bakterien vorhanden, die außer Kohlensäure an gasförmigen Produkten teils Wasserstoff, teils Methan hervorbringen. Erhitzt man das Impfmateriale (Grabenmoder) während 10 Minuten auf etwa 80°, so werden die empfindlicheren Methan bildenden Bazillen abgetötet oder abgeschwächt, und durch mehrfache Wiederholung dieser Behandlung erlangt man Kulturen, die lediglich Wasserstoffgärung herbeiführen, ohne daß allerdings die Reinzüchtung dieser Mikrobengruppen bis jetzt mit Sicherheit geglückt wäre. Als Produkte der Cellulosezersehung durch die Wasserstoff bildenden Erreger hat *Omelianski* beispielsweise 0,4 % Wasserstoff, 29 % Kohlensäure und 67 % flüchtige Fettsäuren nachgewiesen. Eine solche Spaltung der Cellulose gelingt auch mit Filtrierpapier oder Watte innerhalb eines viertel bis halben Jahres, wenn man durch Zugabe von kohlensaurem Kalk die schädliche Wirkung entstehender freier Säure aufhebt.

Wie erwähnt, geht mit dieser Form des Zellstoffabbaus in der Natur 4. die Spaltung durch Methanbakterien einher. Durch wiederholte Übertragung der Erreger ist man in der Lage, die Wasserstoff in Freiheit setzenden Kleinlebewesen auszuschließen und vornehmlich die Grubengas hervorbringenden Organismen anzureichern. Bei Luftabschluß erzeugen sie aus der Cellulose neben Methan auch Kohlendioxyd und gleichfalls Fettsäuren, die wie bei der Wasserstoffgärung hauptsächlich aus Buttersäure und ihren niederen Homologen bestehen. Methangärung läßt sich mit Filtrierpapier erzielen, aber sie erfordert gleichfalls eine längere Zeitspanne, bevor die Cellulose gänzlich oder angenähert vollständiger Auflösung anheimfällt.

Als eine Abart erscheint 5. die Spaltung der Cellulose bei gleichzeitiger Reduktion von Nitraten. Der bei der Denitrifikation abgegebene Sauerstoff kann von den Bakterien zu einer Verbrennung des Zellstoffes verbraucht werden. Die Erreger kommen an denselben Orten vor, wie die erwähnten Wasserstoff und Methan liefernden Mikroben, in der Ackerkrume oder im Flußschlamm. Sie scheinen wegen der reichlichen Menge im naszierenden Zustande zur Verfügung stehenden Sauerstoffs vorwiegend die Oxydationsprodukte des Stoffwechsels, Wasser und Kohlensäure, zu liefern. Durch den Vorgang der Denitrifikation tritt die Cellulosezersehung in nahe Beziehung zu den Problemen des Stickstoffhaushalts. Da lösliche Kohlenhydrate oder andere geeignete organische Stoffe im Erdreich nur in erheblicher Verdünnung vorhanden sind, so kommt es dazu, daß die Cellulose, die massenhaft und in hoher Dichte im Boden zugegen ist, als Energie spendendes Material für die denitrifizierenden Mikroorganismen dient.

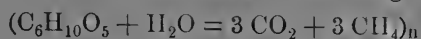
Die beiden erwähnten wichtigsten Arten der bakteriellen Cellulosespaltung, die Wasserstoff- und Methangärung, besitzen unverkennbar Ähnlichkeit mit den Buttersäure- wie mit den Essigsäuregärungen, bei denen jedenfalls auch Fettsäuren neben freiem Wasserstoff auftreten. Bei Untersuchungen über die Erscheinungen der saccharogenen Buttersäurebildung haben *Neuberg* und *Arinstein* zuerst darauf hingewiesen, daß möglicherweise der auf diesem oder ähnlichem Wege entstehende Gärungswasserstoff auch mit dem Prozeß der biologischen Stickstoffassimilation in Zusammenhang stehen könne, indem hier der aktive Wasserstoff nach Art einer *Haber-Synthese* eine Reduktion des Stickstoffs zu Ammoniak bewirken könne; auch *Wieland* hält einen derartigen Vorgang für möglich. Tatsächlich haben *Koch*, *Litzendörff*, *Krull* und *Alves* gezeigt, daß die von der Cellulose ausgehende Begünstigung der Nitratzersetzung und somit der Stickstoffverluste in das Gegenteil verwandelt werden kann, wenn durch geeignete Ansiedelung Stickstoff fesselter Bakterien, wie sie im Stallmist vorhanden sind, Gelegenheit geboten wird, den Energiereichtum der Cellulose auszunutzen, und *Pringsheim* führt an, daß in Anwesenheit solcher stickstoffbindender Kleinlebewesen die bei den gewöhnlichen Gärungen der Cellulose erfolgende Entstehung von Fettsäuren außerordentlich zurückgedrängt wird; offenbar wird das kohlenstoffhaltige Gut in irgendeiner Weise an der Fixation des Stickstoffs beteiligt.

6. Recht energisch verläuft die Auflösung von Cellulose durch *Thermophile*, deren optimale Lebensbedingungen bei 55° bis 60° liegen. Verwendet man als Impfmateriale Bakterien aus den Exkrementen des Rindes oder Pferdes, so kann man in etwa ebensoviel Tagen die Zerlegung der Cellulose erreichen, wie bei den Vergärungen mit Hilfe der gewöhnlichen Wasserstoff- und Methanbakterien Wochen erforderlich sind. Als Produkte der thermophilen Cellulosezersehung werden Kohlensäure, Wasserstoff und Sumpfgas sowie wiederum Fettsäuren angegeben, unter denen aber keine Buttersäure, sondern hauptsächlich Essigsäure und Ameisensäure vorhanden ist.

7. Ganz neuerdings ist ein anscheinend bislang übersehener thermophiler Bazillus durch die erwähnte, bisher nur im Referat zugängliche Arbeit von *Langwell* und *Lloyd Hind* bekannt geworden. Er könnte die allergrößte Bedeutung erlangen. Die optimale Temperatur für die Entwicklung und Leistung des Erregers liegt bei 65°; bei dieser Temperatur vergärt er Zellstoff glatt in 4 Tagen, während er bei 27° dazu sehr viel mehr Zeit benötigt. Er liefert, anscheinend in wechselnden Mengenverhältnissen, Alkohol, Essigsäure, Milchsäure, Wasserstoff und Methan. Diese Form der Cellulosespaltung erinnert mehr an die Vorgänge, die sich bei dem Abbau von Zucker durch *Bact. coli* oder *lactis aerogenes* abspielen; ein Teil der Essigsäure wird dann wohl zu Methan decarboxyliert. Das erwähnte Bakterium gedeiht auf rein mineralischen Nährböden.

Welches auch die Produkte des Zellstoffabbaus durch die Cellulose spaltenden Organismen im einzelnen sein mögen, sie können keineswegs aus der Cellulose unmittelbar hervorgehen, so wenig wie etwa bei der alkoholischen Zuckerspaltung Kohlensäure und Spirit einfach durch einen Einsturz des Kohlenhydratmoleküls entstehen. Im besonderen Falle der Cellulose ist es in bezug auf die Frage nach Zwischengliedern vorerst von untergeordnetem Belange, ob die anzunehmende Aufspaltung des Polysaccharids zum Traubenzucker oder größeren Molekülverbänden desselben, wie etwa zu Cellobiose oder zu Anhydrozuckern, führt; denn es bietet der Vorstellung keine Schwierigkeiten, daß Gebilde höherer Ordnung, sei es durch Wasseraufnahme, sei es durch Hydrolyse, schließlich von den Mikroorganismen über die Stufe des Monosaccharids abgebaut werden. Ebenso wie bei der geistigen Gärung und wie bei der Butylgärung handelt es sich in letzter Linie bei der Cellulosezersehung um Kohlenstoffkettengerißung. Bei der ganz wesentlichen Bedeutung, welche die Celluloseauflösung, wie auseinander gesetzt ist, für den Stoff-

umsatz in der Natur besitzt, und in Rücksicht auf das gewaltige Ausmaß, in dem sie erfolgen muß, ist ein Einblick in die erwähnten Vorgänge von unverkennbarer Wichtigkeit. Hoppe-Seyler, auf dessen grundlegende Arbeiten wie auf die Befunde älterer Autoren hier verwiesen sei, hat niemals einen Anhaltspunkt für das Auftreten irgendwelcher intermediärer Produkte zu konstatieren vermocht; trotzdem müssen solche vorhanden sein. Fettsäuren können sicherlich nicht in einfacher Weise aus einem komplexen Polysaccharidmolekül hervorgehen, und wenn auch für die Methangärung die Formulierung



aufgestellt worden ist, so muß doch durchaus in Betracht gezogen werden, daß das Methan gar nicht nach dieser, den Vorgang nicht erklärenden Gleichung, sondern durch Decarboxylierung intermediär erzeugter Essigsäure entsteht, wofür chemische und auch physiologische Analogien vorhanden sind, besonders nach Auffindung der Carboxylase, des CO_2 ablösenden Ferments.

Die Methoden, die uns zur Erfassung von Zwischenstufen der Kohlenhydratspaltung zur Verfügung stehen, sind die *Abfangverfahren*. Bei ihnen werden durch die Fixierung sonst flüchtig durchgeleiteter Durchgangsgebilde Teilreaktionen festgehalten und damit offenbar.

Bewährt haben sich bisher bei der *Erforschung der Pilz- und Bakteriengärungen* zwei verschiedene *Abfangverfahren*, die *Sulfit-* und die *Dimedonmethode*. Die Leistung dieser beiden von Neuberg und Reinfurth aufgefundenen Verfahren besteht darin, daß sie den als bedeutsam für viele Abbauvorgänge erkannten Acetaldehyd aus der Reaktionsfolge weiterer Umsetzungen ausschalten, indem sie ihn in Form eines Additions- bzw. Kondensationsproduktes fesseln. Beide Verfahren unterscheiden sich nicht nur in chemischer Hinsicht, sondern auch in ihrer biologischen Anwendbarkeit. Die sekundären schwefligsauren Salze sind für Lebewesen vom Charakter der Hefen und anderer Pilze verhältnismäßig wenig giftig, weil vielleicht die neutralen Salze nicht in die lebende Zelle eindringen. Umgekehrt ist das Dimedon (Dimethylhydroresorcin) ein lipoidlöslicher Stoff und daher wohl befähigt, in tiefere Schichten der Organismen zu gelangen. Das bedingt unter Umständen größere Toxizität, aber ermöglicht es, dies Abfangmittel an Orte des Geschehens zu bringen, die für schwefligsaure Salze nicht erreichbar sind. Im Wesen der erwähnten beiden Abfangmittel liegt es, daß ihre Vereinigung mit der labilen Zwischenstufe zu keiner absolut beständigen Verbindung führt, daß vielmehr die betreffenden Reaktionsprodukte einer Dissoziation unterliegen können, die abhängig ist von der Konzentration, der Temperatur und von sonstigen, die Gleichgewichtslage bestimmenden Bedingungen. Noch ein anderer Umstand mußte sich besonders bemerkbar machen bei Umsetzungen, die wie die Cellulosevergärung einen lang-

samen Verlauf nehmen. Schon bei den bakteriellen Vergärungen löslicher Kohlenhydrate hatten nämlich Neuberg, Nord, Arinstein und O. Cohen wiederholt erfahren, wie die Menge des in Gestalt von Sulfitaggregat angehäuften Zwischengebildes Acetaldehyd beim Stehen wieder abnahm, da vermutlich der durch Dissoziation frei werdende Aldehydbestandteil nachträglich in anderen Umformungen unterworfen wird. Trotz dieser so ungünstig liegenden Verhältnisse, deren Widrigkeit durch die angeführte, Monate betragende Zersetzungsdauer des Zellstoffs gesteigert wird, ist es in ausgedehnten Untersuchungen, die zusammen mit Herrn Dr. Reinhold Cohn unternommen wurden, möglich gewesen, sowohl bei der *Wasserstoffgärung* als bei der *Methangärung der Cellulose* das *Auftreten von Acetaldehyd* festzustellen und damit den Beweis zu erbringen, daß auch hier diese Substanz als ein Zwischenglied zu betrachten ist, genau wie bei den Pilz- und Bakteriengärungen niedriger Zuckerarten. Da es sich darum handelte, überhaupt die Rolle des Acetaldehyds im Verlaufe der Cellulosespaltung nachzuweisen, und andererseits bekannt ist, daß in Mischkulturen die Auflösung des Substrates viel schneller vonstatten geht, als bei weit getriebener bakterieller Auslese, so haben wir uns bei unseren quantitativen Bestimmungen darauf beschränkt, mit Cellulose zersetzenden Bakterien gemengen zu arbeiten, zumal ja sichere Reinkulturen bis jetzt noch nicht vorliegen oder nur schwierig zu gewinnen sind.

Bei der Zerlegung der Cellulose durch *thermophile Bakterien* wurde ebenfalls Acetaldehyd als Durchgangsstufe verzeichnet. Hier war nur das Dimedonverfahren brauchbar. Offenbar ist bei der hohen Temperatur von ca. 60° schwefligsaures Salz bereits so schädlich, daß die Gärung nur unvollständig in Gang kommt; andererseits mag auch die starke Dissoziation des Sulfitkomplexes bei stärkeren Wärmegraden eine Rolle spielen.

Somit ergibt sich, daß auch für die so bedeutungsvolle Zerlegung der Cellulose ein Abbauweg über den Acetaldehyd führt, und es zeigt sich von neuem, daß bestimmte fundamentale Umsetzungen bei allen lebenden Wesen analog verlaufen. Die neueren Untersuchungen von Embden, Schmitz u. a. lehren, daß der Abbau des Zuckers in der tierischen Zelle in bestimmten Grundzügen in ähnlicher Weise erfolgt, wie bei der Pflanze. Wir wissen jetzt, daß bei der alkoholischen Gärung, bei der Zersetzung der Kohlenhydrate durch Schimmelpilze sowie durch pathogene und harmlose Bakterien Acetaldehyd als wichtige Zwischenstufe entsteht. Ganz ebenso liegen die Verhältnisse bei der in ganz unvergleichlichem Ausmaße vor sich gehenden Cellulosespaltung in der Natur. Immer werden wir für die Erforschung von Lebensvorgängen auf die Erscheinungen bei den niedrigen Organismen zurückgreifen, denn hier treten die Gesetze, welche die ganze organisierte Welt umfassen, häufig am klarsten zutage.

Überempfindlichkeitskrankheiten.

(Asthma Bronchiale, Urticaria, Migräne, Epilepsie usw.)

Von W. Storm van Leeuwen, Leiden.

Die am längsten bekannte Überempfindlichkeitskrankheit ist das Heufieber. Schon vor fünfzig Jahren wies *Blackley* nach, daß bestimmte Personen Anfälle von „Schnupfen“ bekommen, wenn die Schleimhäute ihrer Nase oder Augen mit Pollenkörnern bestimmter Pflanzen in Berührung kommen. Auch wußte *Blackley* schon, daß nicht nur die Schleimhäute, sondern auch die Haut von Heufieberkranken überempfindlich gegen Pollen ist. Macht man in die Haut solcher Patienten einen kleinen Riß und appliziert darauf ein wenig Pollen, so entsteht eine deutliche Quaddel, d. h. eine leicht erhabene weiße Stelle, umgeben von einem roten Hof. Die Untersuchungen von *Blackley* sind von *Dunbar*, *Prausnitz* u. a. bestätigt worden. Letztgenannte Autoren haben auch versucht, Pferde mit Pollen zu immunisieren, das Serum dieser Tiere wird als Pollant in den Handel gebracht. Interessant mit Rücksicht auf die weitere Entwicklung der Überempfindlichkeitstherapie sind aber besonders die Versuche, welche zuerst in *Wrights* Laboratorium von *Noon* angestellt wurden, wobei durch Einspritzung von sehr kleinen Mengen bestimmter Pollenextrakte in vielen Fällen eine Herabsetzung der Empfindlichkeit der Patienten hervorgerufen werden konnte.

Das Heufieber blieb lange Jahre das einzige Beispiel einer Überempfindlichkeitskrankheit. Andeutungen bestanden jedoch, daß etwas Ähnliches bei anderen Krankheiten eine Rolle spielen könnte. So war schon in der Zeit des bekannten französischen Klinikers *Trousseau* bekannt, daß es Apotheker gibt, welche nach Inhalation von *Ipecacuanhapulver* Asthmaanfälle bekommen. In der deutschen Literatur ist von besonderem Gewicht eine Angabe, die im Jahre 1909 von *De Besche* gemacht wurde. *De Besche*, der Asthmatiker ist, hatte bemerkt, daß er immer Anfälle bekam, wenn er sich in der Nähe eines Pferdestalles aufhielt. Nach einer gelegentlichen subkutanen Injektion von Pferdeserum traten bei ihm heftige Asthmaanfälle auf, danach war er während einiger Monate weniger empfindlich als früher.

Vor ungefähr 20 Jahren wurde durch die Untersuchungen von *Richet*, *Arthus*, *Theobald Smith* u. a. festgestellt, daß bei Tieren nach Injektion von sonst wenig giftigen Eiweißstoffen heftige Reaktionen auftreten, wenn einige Wochen zuvor schon dasselbe Eiweiß eingespritzt worden war. Es tritt dann der sogenannte anaphylaktische Shock auf. Bei der näheren Analyse dieser Erscheinung zeigte sich — wie besonders von *Meltzer* und *Auer* hervorgehoben wurde —, daß bei dem Meerschweinchen die Symptome des anaphylaktischen Shocks denen des menschlichen Asthmaanfalles ähnlich waren. *Schlecht* und *Schwenker* zeigten nachher, daß eines der charakteristischen

Kennzeichen des Asthmaanfalles — das Auftreten von eosinophiler Zelle im Blute und Auswurf — ebenfalls beim anaphylaktischen Shock des Meerschweinchens vorkommt. Auf Grund dieser Erfahrungen entwickelte sich allmählich die auch schon von den genannten Autoren vertretene Auffassung, daß das Asthma beim Menschen in bestimmten Fällen als anaphylaktische Erscheinung aufzufassen sei. *Wolf Eisner* hatte inzwischen schon das Heufieber mit einem durch Pollen-eiweiß hervorgerufenen anaphylaktischen Shock identifiziert.

Während des Krieges ist besonders von amerikanischen und französischen Autoren auf die „anaphylaktische“ Ätiologie des Asthmas und anderer Krankheiten hingewiesen worden. — *Chandler Walker*, *Cooke*, *Coca* und andere amerikanische Forscher wiesen darauf hin, daß Inhalation von Ausdünstungen vieler Tiere (Pferdehautschuppen, Hundehaar, Katzenhaar, Federn von Vögeln usw.) bei disponierten Individuen Asthmaanfälle hervorrufen kann. Ähnliches wurde von bestimmten Nahrungsmitteln nachgewiesen. Daß gewisse Nahrungsmittel, wie Milch, Eier usw., besonders bei Säuglingen Störungen hervorzurufen imstande sind, war schon längst bekannt (*Czerny*). Es ist aber das Verdienst *Hutinel's*, scharf hingewiesen zu haben auf die ätiologische Bedeutung einer Anzahl von Nahrungsstoffen für das Entstehen von Asthma und anderen Überempfindlichkeitskrankheiten. *Hutinel* führt die Bezeichnung „Anaphylaxie alimentaire“ ein.

Nicht nur für das Asthma und das Heufieber, sondern auch für eine Anzahl anderer Krankheiten wurden Beziehungen zu den Überempfindlichkeitsercheinungen aufgedeckt. Unter diesen treten besonders Urticaria und gewisse Ekzeme hervor. — Natürlich wußte man schon früher, daß Ernährungseinflüsse bei dem Entstehen gewisser Hautkrankheiten eine Rolle spielten, aber man suchte dann in der Zusammenstellung der Nahrung ein disponierendes Moment. Jetzt weiß man, daß ganz gewöhnliche Stoffe, wie Milch, Eier, Butter, Schweinefleisch, Spinat usw. für gewisse dazu disponierte Personen die Wirkung eines Giftes ausüben, so daß nach Genuß von derartigen Speisen Urticaria oder Ekzeme auftreten können, während der Patient ganz normal ist, wenn er nur diese bestimmten Stoffe in seiner Diät wegfallen läßt. — Was für Urticaria gilt, gilt auch für andere Krankheiten, wie Migräne, Quinckes Ödem und sogar Epilepsie. Nur ist im Falle von Epilepsie die Überempfindlichkeits-ätiologie seltener als bei den anderen Krankheiten. Sichere Beispiele gibt es aber auch da. So wird in der französischen Literatur oft ein Fall zitiert, wo das Essen von Schokolade epileptische Anfälle hervorrief, während der betref-

fende Patient vollkommen gesund war, wenn er nur nicht Schokolade aß. Epileptische Anfälle bei Epileptikern nach Genuß von Borsäure sind ebenfalls beschrieben worden.

Wie schon oben angedeutet, hat das Studium der Anaphylaxie besonders dazu geführt, die Wichtigkeit von Überempfindlichkeitsercheinungen für die Entstehung der genannten Krankheiten zu begreifen, und in der Tat hat man auch eine Zeitlang diese Krankheiten, wie Asthma, Heufieber, Urticaria usw., als Beispiele von anaphylaktischem Shock beim Menschen angesehen. Wenn man einem Tier, z. B. einem Meerschweinchen, eine kleine Menge Eiweiß einspritzt und nach mindestens 14 Tagen dasselbe Eiweiß noch einmal injiziert, treten heftige Erscheinungen des anaphylaktischen Shocks auf, das Tier war durch die erste Einspritzung „sensibilisiert“. Nach der Auffassung, die bis vor einigen Jahren noch allgemein galt, würde nun beim Menschen etwas Ähnliches stattfinden. Ein Mensch wird gegen Pollen, gegen Pferdehaut, gegen Gänsefedern, Eiereiweiß, Milch, Erdbeeren sensibilisiert, und wenn er nach einiger Zeit wieder mit diesem Eiweiß in Berührung kommt, tritt ein anaphylaktischer Shock ein, welcher sich als Heufieberanfall, als Asthmaanfall, als Hautkrankheit oder als Miträge geltend macht.

Es fragt sich nun, wie kommt die Sensibilisierung beim Menschen zustande, da doch Sensibilisierung durch Einspritzung unter die Haut beim Menschen eine Ausnahme bildet. Es wurde angenommen, daß durch einen Defekt in den Schleimhäuten der Nase oder des Magen-Darmtractus ungespaltenes Eiweiß resorbiert sein könnte. Diese Auffassung schien sehr plausibel, doch hat man sie fallen lassen müssen, und ein Verdienst *Cocas* ist es, darauf zuerst hingewiesen zu haben.

Coca hat erstens darauf hingewiesen, daß die Erscheinungen, welche bei den Anfällen der allergischen Krankheiten auftreten, denjenigen des anaphylaktischen Shocks nicht sehr ähnlich sind. Nur der Asthmaanfall stimmt sehr mit der Erscheinung des anaphylaktischen Shocks bei Meerschweinchen (nicht bei anderen Tieren) überein, sonst aber spielen sich viele allergische Reaktionen in der Haut und in der Schleimhaut ab, welche Organe bei dem anaphylaktischen Shock der Tiere meistens unbeteiligt sind. — Dazu kommt, daß die Erscheinungen der Überempfindlichkeitskrankheiten denjenigen sehr ähnlich sind, welche man bei der Arzneimittelidiosynkrasie wahrnimmt. Wenn ein Patient Asthmaanfalle, Ekzeme oder Urticaria hat, ist äußerlich nicht zu sehen, ob Pferdehautschuppen, Schweinefleisch, Erdbeeren oder Antipyrin, Chinin oder Salvarsan die Ursache der Krankheit sind.

Wo nun bis jetzt Anaphylaxie noch nie nach Einspritzung von nichtkolloidalen Stoffen beobachtet worden ist, muß für die Arzneimittelidiosynkrasie eine direkte Beziehung zur Ana-

phylaxie ausgeschlossen werden, und dann ist es schwer, eine derartige Beziehung für die anderen Überempfindlichkeitsstoffe (Hautschuppen, Erdbeeren usw.) aufrecht zu erhalten, um so mehr, als nie bewiesen worden ist, daß das wirksame Agens in diesen Substanzen wirklich ein Eiweiß ist.

Zu alledem kommt noch, daß fast alle Stoffe, welche als Agens für Überempfindlichkeitskrankheiten in Betracht kommen, schlechte Anaphylakogene sind, d. h. weder mit Pollen noch mit Hautschuppenextrakten, noch mit Federn, Erdbeeren gelingt es, eine richtige experimentelle Anaphylaxie bei Tieren hervorzurufen. Dagegen muß anerkannt werden, daß die guten Anaphylakogene (verschiedene Sera, Hühnereiweiß) auch als Überempfindlichkeitsagens wirken können. Interessant ist noch, daß die Intensität der Empfindlichkeit, welche gewisse Allergiker gegen Stoffe, wie Pollen, Ipecacuanha, Pferdeserum usw. besitzen, viele Tausende Male stärker sein kann als die anaphylaktische Überempfindlichkeit, welche bei Tieren vorkommt. Bei einem gegen Pferdeserum sensibilisierten Meerschweinchen werden bei subkutaner Einverleibung der zweiten Dosis einige Kubikzentimeter Serum nötig sein, um deutlich anaphylaktische Erscheinungen hervorzurufen. (Bei intravenöser Einspritzung sind manchmal nur winzig kleine Dosen erforderlich.) Bei einem Menschen, der mehr als hundertmal schwerer als ein Meerschweinchen ist, können unter Umständen hundertste Teile von Milligrammen bei kutaner und subkutaner Injektion eine starke Erscheinung, eventuell den Tod hervorrufen.

Als letztes und wichtigstes Argument gegen die Anaphylaxieauffassung sei noch hervorgehoben, daß die Überempfindlichkeit des Menschen in etwa 70 % der Fälle hereditär ist (d. h. die Disposition zur Erwerbung der Krankheit ist angeboren). Oft zeigte sich eine starke Überempfindlichkeitsreaktion, wenn eine Person mit irgend einer Substanz zum erstenmal in Berührung kam. Es sind Fälle bekannt, wo bei Kindern nach der allerersten Verabreichung von Kuhmilch oder Eiern anaphylaktische Erscheinungen auftraten oder die Kinder sogar starben.

Nach allem, was wir jetzt von der Ätiologie der Überempfindlichkeitskrankheiten wissen, kann man sich ungefähr folgendes Bild machen.

Es gibt eine Anzahl Personen, welche eine allergische Disposition besitzen, d. h. sie werden früh oder spät überempfindlich gegen bestimmte Stoffe, Arzneimittel, Proteine und dergleichen. Die Überempfindlichkeit kann sicher auftreten nach langem Kontakt mit der betreffenden Substanz, die vorher ganz ohne Schaden vertragen wurde. Als Beispiel sei der Fall eines Apothekers genannt, der erst nach sechs Jahren Arbeit in der Apotheke gegen Ipecacuanha überempfindlich geworden war. Die Überempfindlichkeit kann aber auch in den ersten Tagen des Lebens sich zeigen

oder jedenfalls beim allerersten Kontakt mit der Substanz (Säuglinge, welche gegen Eier überempfindlich sind, Menschen, die heftige Ekzeme bekommen, nachdem sie zum erstenmal Antipyrin genommen hatten). Ob in diesen Fällen die Überempfindlichkeit angeboren ist oder in irgend einer Weise in den ersten Lebenstagen erworben wird — und zwar durch eine Ursache, welche mit der schädlichen Substanz nicht in direkter Verbindung steht —, ist nicht sicher. Persönlich neige ich sehr zu der zweiten Auffassung. Es ist bekannt, daß mehr als die Hälfte der Asthmatiker in der Jugend an Ekzemen litt, auch sonst geht sehr oft dem ersten Asthmaanfall eine Krankheit voran. Ich glaube, daß während dieser Zeit der Infektion (das Ekzem) bei bestehender Disposition die Überempfindlichkeit sich entwickelt. Überempfindlichkeit gegen Substanz A kann dabei entstehen, weil gerade der Patient mit Substanz A in Berührung kommt, es kann aber auch sein, daß Sensibilisierung gegen Substanz A, B und C entsteht, wiewohl nur Substanz D in dem Moment anwesend war. — Wenn diese Auffassung richtig ist, muß man erwarten, daß die meisten Allergiker gegen mehrere Substanzen überempfindlich sind. Dies trifft tatsächlich zu, wie dies auch von anderen Seiten hervorgehoben worden ist. Ich kann nicht leugnen, daß es Individuen gibt, welche nur gegen eine Substanz überempfindlich sind, und zwar sind sie noch am ehesten unter den Heufieberkranken zu finden, aber bei der Behandlung von etwa 300 Allergikern habe ich nie einen Fall von isolierter Überempfindlichkeit gegen eine einzige Substanz gefunden.

Ein Kind von drei Jahren zeigte z. B. eine deutliche Überempfindlichkeit gegen Eigelb. Ingestion von 20 Milligramm dieses Stoffes rief nach einer halben Stunde Brechen hervor. Dasselbe Kind ist aber auch gegen Eiweiß, gegen Milch und Butter und andere Substanzen überempfindlich. Eine andere Patientin ist überempfindlich gegen Erdbeeren, Johannisbeeren, Champagner (nicht gegen gewöhnlichen Wein), Spinat, Blätter von Kohlrabi und Hyazinthen. Ich vermute, daß diese Frau nicht isoliert gegen jede dieser Substanzen sensibilisiert worden ist, denn es wäre kaum denkbar, warum sie sich denn nicht auch gegen Milch, Eier, Fleisch und andere gewöhnliche Nahrungsmittel sensibilisiert hätte. Vielmehr möchte ich annehmen, daß durch einen unbekannten Einfluß die Sensibilisierung gegen eine Anzahl Substanzen, welche eine gemeinschaftliche Charakteristik haben, eingetreten ist. Welche aber diese gemeinschaftliche Eigenschaft von Erdbeeren, Spinat und Champagner ist, ist noch unbekannt. Hierin liegt sicher eine der wichtigsten Aufgaben für weitere Forschung.

Die Frage der Ätiologie der Überempfindlichkeitskrankheiten hat nicht nur eine theoretische, sondern auch eine große praktische Bedeutung, weil die Richtung, in welcher therapeutische Beeinflussung dieser Zustände gesucht werden soll,

eng mit unserer Auffassung von der Entstehung dieser Krankheiten zusammenhängt.

Bei der Therapie der allergischen Krankheiten ist ein Unterschied zu machen zwischen der spezifischen und der nichtspezifischen Therapie. Erstere ist natürlich nur dann möglich, wenn das kausale Agens des allergischen Zustandes bekannt ist, die unspezifische Behandlung aber kann angewendet werden, wenn nur sicher ist, daß überhaupt ein allergischer Zustand vorliegt; genauere Kenntnis des Allergens ist nicht unbedingt nötig.

Ehe auf die Frage der Therapie näher eingegangen wird, muß kurz besprochen werden, in welcher Weise die Diagnose der allergischen Zustände gestellt werden kann.

Es gibt Fälle, wo die Diagnose der Allergie sehr einfach ist, weil der Patient selbst schon genügend darüber unterrichtet ist.

Heufieberkranke wissen meistens, daß sie gegen Pollen überempfindlich sind, der Arzt wird höchstens dann noch zwischen verschiedenen Pollensorten zu differenzieren haben. In seltenen anderen Fällen hat der Patient bemerkt, daß Anfälle seiner Krankheit nur nach Genuß von bestimmten Speisen oder bei Anwesenheit bestimmter Tiere oder Gegenstände auftreten. Meistens aber wird es Aufgabe des Arztes sein, die Natur des Überempfindlichkeitsagens, des Allergens, aufzufinden. Durch sorgfältiges Ausfragen des Patienten wird man gelegentlich eine Andeutung bekommen, aber fast immer muß aktiv gesucht werden. Wenn der Arzt die Vermutung hat, daß Eier, Milch oder ein anderes Nahrungsmittel eine Rolle spielen könnten, kann er dies einige Zeit aus der Diät weglassen, um zu beobachten, ob die Anfälle wegbleiben. Fällt diese Probe positiv aus, so hat es eine Bedeutung, ist sie negativ, so heißt das noch nicht, daß die betreffende Substanz nichts mit dem allergischen Zustand zu tun hat, denn, wie schon bemerkt, besteht meistens eine Überempfindlichkeit gegen verschiedene Substanzen. Um zu ermitteln, ob überhaupt unter den Nahrungsmitteln gesucht werden muß, folgen wir einem sehr einfachen Verfahren: wir lassen nämlich die Patienten zwei Tage (ein Tag genügt nicht) ganz hungern. Verschwinden dann die Anfälle, so hat die Nahrung wahrscheinlich einen Einfluß, verschwinden die Anfälle nicht, so weiß man nur, daß entweder die Nahrung keine Rolle spielt oder neben der Nahrung noch andere Momente an dem Zustandekommen der Anfälle beteiligt sind. Ein Beispiel möge dies verdeutlichen. Eine Frau hat im Krankenhaus fortwährend Asthmaanfälle, welche aber nach zwei Tagen hungern verschwinden und auch wegbleiben, wenn sie auf eine Diät von Fleisch, Reis, Eiern und Gemüse gebracht wird. Nach zwei Wochen geht sie nach Hause und hat wieder dauernd Anfälle; jetzt ändert sich durch zweitägiges Hungern an dem Zustand gar nichts. Im Garten blühen aber Hyazinthen, es stellt sich

heraus, daß sie auch dagegen sehr überempfindlich ist; nach Entfernung dieser Blumen ist sie auch zu Hause frei von Anfällen.

Die beschriebene diagnostische Methode scheint sehr einfach zu sein, ist aber in der Praxis sehr schwer durchzuführen, deshalb muß oft zu mehr objektiven Methoden übergegangen werden. Am meisten gebraucht werden die sogenannten Hautreaktionen. — Diese Methode beruht auf der schon von *Blackley* gefundenen Tatsache, daß bei Überempfindlichkeit von Schleimhaut, Bronchien usw. meistens auch die Haut des betreffenden Patienten überempfindlich ist. Appliziert man bei einem Heufieberpatienten eine kleine Menge Pollen auf eine Hautskarifikation, so entsteht eine deutliche Quaddel. Dasselbe zeigt sich, wenn man bei Überempfindlichkeit gegen Ei, Erdbeeren, gegen bestimmte Gemüse eine kleine Menge dieser Substanz auf einen in die Haut gemachten Kratz appliziert. Die Methode ist äußerst einfach, hat aber den Nachteil, daß sie so selten ein positives Resultat gibt. Nur bei Heufieber versagt sie meines Wissens nie, bei den meisten anderen Allergien muß man eine andere Methode anwenden. In diesen Fällen wird nicht die zu prüfende Substanz auf eine Hautskarifikation appliziert, sondern es wird ein Extrakt der Substanz in die Haut eingespritzt.

Untersucht man in dieser Weise die Reaktion auf eine Anzahl Extrakte bei einer Reihe von Allergikern und Normalen, so fällt folgendes auf. Bei Normalen findet man fast nie eine positive Reaktion, d. h. die kleine Quaddel, die nach Injektion von 0.05 Kubikzentimeter eines Extraktes entsteht, ist nicht größer als die Quaddel, die durch Injektion von jeder Flüssigkeit hervorgerufen wird. Diese Quaddel verschwindet nach ca. 10 Minuten. Bei Allergischen findet man beinahe immer positive Reaktionen, d. h. an der Injektionsstelle entsteht eine deutliche Schwellung, meistens weiß mit rotem Rand. — Die Bedeutung des positiven Befunds bei Allergischen wird beeinträchtigt durch den Umstand, daß man in der Regel sehr viele positive Reaktionen findet und daß man über die Natur der wirksamen Substanz in den Extrakten nichts weiß, so daß man auch nicht die Reaktionen durch verschiedene Extrakte hervorgerufen nach der Intensität als mehr oder weniger wichtig beurteilen kann. Dazu kommt noch, daß man meistens überhaupt nicht weiß, mit welchen Mengen des betreffenden Allergens der Kranke in Berührung kommt. Kein Mensch vermag zu schätzen, wie viel Pferdestaub, Hundehaar oder Substanz von Vogelfedern in der Luft schwebt. Alles dies erschwert es sehr, aus dem Resultat der Einspritzungen mit vielen Extrakten zu einer spezifischen Diagnose des kausalen Agens der allergischen Anfälle zu kommen.

Wiewohl also nach meiner Auffassung die Bedeutung der Hautreaktionen für die spezifische Diagnose nicht groß ist, so haben doch diese intrakutanen Injektionen mit den sogenannten Pro-

teinextrakten einen Wert, weil sich dabei — wie schon oben bemerkt — gezeigt hat, daß die Normalen meistens *nicht* reagieren und die Allergischen meistens einige positive Reaktionen zeigen. Dabei besteht keine Gleichmäßigkeit, der eine Allergiker reagiert auf Substanz A, C und G, der andere auf B, P, R und S, ein vierter auf A, E, F, H und P usw., aber *alle* reagieren. Hieraus ließe sich erwarten, daß man in dieser Weise vielleicht die Diagnose des allergischen Zustandes ohne Rücksicht auf das spezifische Agens machen könnte. Das hat sich nun tatsächlich bestätigt, und zwar kann man, wie wir vor kurzem gefunden haben, die Diagnose der Allergie mit *einer* Injektion stellen. Merkwürdigerweise ist das geeignete Allergen hierzu das Extrakt von Menschenhautschuppen. Auf eine intrakutane Injektion eines solchen Extraktes reagieren *alle* erwachsenen Allergischen positiv, alle Normalen negativ. (Kinder scheinen sich etwas anders zu verhalten.)

Man kann also durch intrakutane Injektionen mit verschiedenen Allergenen zwar meistens nicht das spezifische Agens der allergischen Anfälle kennen lernen, aber man kann — besonders durch Injektion mit Menschenhautextrakten — die allergische Disposition diagnostizieren. Die Bedeutung dieser Reaktion ist erstens eine theoretische, weil dadurch gezeigt wird, daß die Allergie von Anaphylaxie verschieden ist, denn sonst wäre ein Überwiegen von positiven Reaktionen mit einem arteigenen Stoff unerklärlich. Zweitens aber kann die diagnostische Reaktion Wert haben bei der Beurteilung, ob Urticaria, Ekzeme und andere Hautkrankheiten, besonders aber ob Fälle von Migräne oder Epilepsie als allergische Krankheiten betrachtet werden müssen. Fällt bei letztgenannten Krankheiten die Reaktion positiv aus, so wird man nach allergischen Momenten fahnden und auch bei der Therapie mit diesen Umständen Rechnung halten.

Was nun die Therapie der allergischen Krankheiten anbelangt, so würde die bei weitem einfachste Behandlung darin bestehen, das schädliche Agens entfernt zu halten. Es kommt vor, daß dies tatsächlich möglich ist. Bei Überempfindlichkeit gegen Schokolade, gegen Borsäure oder Aspirin sind die schädlichen Stoffe ziemlich leicht zu vermeiden. Bei Überempfindlichkeit gegen Eier oder Milch wird dieses — besonders für Menschen, welche nicht zu Hause essen — schon viel schwerer, und endlich in Fällen, wo Überempfindlichkeit gegen viele Nahrungsmittel oder Überempfindlichkeit gegen Tierhaare besteht, ist Vermeidung oder Entfernung des Allergens oft unmöglich, und das Gleiche gilt natürlich, wenn das Agens nicht bekannt ist.

In allen Fällen, wo diese einfache Therapie nicht durchführbar ist, muß aktiv eingegriffen werden. Diese aktive Therapie besteht im allgemeinen in Injektionen von kleinen Mengen des schädlichen Agens oder einer anderen Substanz.

Je nachdem dabei das wirkliche kausale Agens oder eine andere Substanz eingespritzt wird, spricht man von spezifischer oder nichtspezifischer Therapie.

Der Mechanismus dieser antiallergischen Therapie ist nicht bekannt. Man hat ihn mit der Desensibilisierung verglichen, wie man sie bei der Anaphylaxie des Meerschweinchens erhalten kann. Man hat ebenfalls an aktive Immunisierung gedacht. Mit keiner dieser beiden Methoden kann sie aber identifiziert werden. Die antiallergische Therapie ist zu einer selbständigen Therapie mit eigenen Charakteristika geworden.

Jede antiallergische Therapie — sei es die spezifische oder die nichtspezifische — beruht auf der fundamentalen Tatsache, daß der Tierkörper offenbar nicht leicht zwei allergische, anaphylaktische oder Infektionsprozesse gleichzeitig im Gange halten kann, so daß sehr oft das Auftreten einer Reaktion eine schon anwesende Reaktion hemmt. Es sei übrigens unmittelbar dabei bemerkt, daß es auch vorkommen kann — wie jedermann, der sich mit diesen Sachen beschäftigt, in unangenehmer Weise erfährt — daß eine neue Reaktion die schon sich im Gange befindende fördert.

Beispiele von gegenseitiger Beeinflussung zweier Reaktionen im Tierkörper gibt es viele. Das Auftreten einer akuten Infektionskrankheit kann eine bestehende Krankheit ungünstig (Influenza oder Pneumonie bei Tuberkulose) oder günstig (Erysipelas bei Hautcarcinomen) beeinflussen. Schon 1885 hat Pfeiffer nachgewiesen, daß bei Tieren intraperitoneale Einspritzung von Serum, Pepton und verschiedenen anderen Stoffen das Tier für einige Stunden unempfindlich für eine künstliche bakterielle Infektion macht. Daß Asthmaanfälle sehr oft im Anschluß an eine andere Krankheit auftreten, z. B. besonders häufig nach Influenza, ist schon oben hervorgehoben, aber andererseits ist bekannt, daß viele Asthmastiker immer frei von Anfällen sind, wenn eine akute Infektionskrankheit sie befällt. Dasselbe kommt bei Urticaria und oft bei Ekzemen vor. Die Besserung hält meistens noch einige Wochen bzw. Monate nach Überstehen der intercurrenten Krankheit an. Bekannt ist auch, daß Tuberkulose und Allergien sich beinahe — nicht ganz — ausschließen.

Wiewohl man sich bei dem Anfang der antiallergischen Therapie dies nicht klargemacht hat (man hat oft versucht zu immunisieren), beruht doch diese ganze Therapie im Grunde auf diesem Prinzip. — Die älteste antiallergische Therapie ist die Pollenbehandlung des Heufiebers. Spritzt man Heufieberkranken in der Heufiebersaison eine kleine Menge jener Pollen, wogegen sie empfindlich sind, unter die Haut, so wird an dieser Stelle eine lokale Reaktion — Schwellung und Rötung — auftreten und gleichzeitig wird der allergische Zustand sich bessern, d. h. der Heu-

schnupfen wird an Intensität abnehmen. Diese Besserung dauert meistens einige Tage an, dann muß die Einspritzung wiederholt werden. Spritzt man bei dieser Therapie zu wenig ein, so hilft es natürlich nicht, und spritzt man zu viel ein, so bekommt man eine akute Exacerbation der Heufiebersymptome, eventuell mit allgemeiner Urticaria, Asthmaanfälle, Kollaps. Hieraus geht ohne weiteres hervor, daß die Wahl der richtigen Pollendosis sehr wichtig und sehr schwer zu treffen ist. Überdies wird im Laufe einer Heufiebersaison die wirksame Dosis keine fixe Quantität bleiben. Erstens kann die Empfindlichkeit des Patienten sich ändern, zweitens können natürlich in der Luft soviel Pollen schweben, daß von der entzündeten Schleimhaut aus ziemlich viel resorbiert wird, wodurch natürlich die Gefahr groß wird, daß die subkutan eingespritzte Dosis zusammen mit der von der Schleimhaut resorbierten die Toleranz übersteigt. — Es besteht also bei dieser Therapie eine optimale Dosis; gibt man weniger, so verschlechtert sich der Zustand, gibt man mehr, so verschlechtert sich der Zustand ebenfalls. Außerdem kann noch die optimale Dosis von Tag zu Tag wechseln. Erreicht man mit der optimalen Dosis nicht ein Sistieren der allergischen Erscheinungen, so kann man durch Polleneinspritzungen den Zustand nicht weiter verbessern.

Dasselbe, was für die Pollenbehandlung des Heufiebers gilt, gilt ebenfalls für jede andere spezifische Therapie eines allergischen Zustandes, gleichwohl, ob man Asthma mit Extrakten von Pferdehautschuppen oder Urticaria mit Extrakten von Eigelb behandelt. Dabei wechseln die Verhältnisse und die Quantitäten, welche eingespritzt werden müssen, von Patient zu Patient und von Allergen zu Allergen. Für jeden Patienten muß also die wirksame Dosis genau ausprobiert werden, und dieses Ausprobieren ist nicht ohne Gefahr. Es kommt sehr leicht vor, daß die Dosis tolerata überschritten wird, wodurch Verschlimmerung der Erscheinungen, auch Erhöhung der Überempfindlichkeit und sogar der Tod folgen kann. Sogar die intrakutanen diagnostischen Injektionen mit Proteinextrakten können eine Verschlechterung des allergischen Zustandes oder den Tod hervorrufen.

Ebenso wie mit Injektionen des wirklichen Allergens kann man auch mit Einspritzungen anderer Stoffe eine Besserung und eventuell auch eine Verschlechterung herbeiführen. Nötig ist bei jeder antiallergischen Therapie, daß man eine Substanz einspritzt, welche eine Reaktion hervorrufen kann. Anstatt des wirklichen kausalen Agens der Anfälle kann man ein anderes nehmen; wir haben seit einigen Jahren hierzu das Tuberkulin gewählt, weil uns aufgefallen ist, daß beinahe alle Allergischen sehr empfindlich und manche sogar außerordentlich empfindlich gegen Tuberkulin sind. Statt Tuberkulin kann man auch Milchinjektionen, Peptoninjektionen oder Einspritzun-

gen mit Bakterienvaccin vornehmen. In all diesen Fällen hat man die Möglichkeit, eine Reaktion hervorzurufen, die den allergischen Zustand günstig beeinflusst. Trifft man die richtige Dosis, so kann es vorkommen, daß eine Serie Anfälle ganz glatt coupiert wird, so wie eine Grippe oder eine Angina dies auch gelegentlich tut. Andererseits kann — eben weil Überempfindlichkeit gegen Tuberkulin oder gegen andere Stoffe bestehen kann — eine zu große Dosis die Symptome verschlechtern. Besteht z. B. von Anfang an bei einem Patienten eine Überempfindlichkeit gegen Milch, so könnten Milchinjektionen sehr gefährlich sein, deshalb muß bei Allergischen stets, ehe die wirksame Dosis eingespritzt wird eine kleine Menge probiert werden. Es ist möglich, daß theoretisch die Milch- und Peptoninjektionen denjenigen mit Pollen und anderen Allergenen nicht ganz gleich zu stellen sind, denn Milch und Pepton rufen bei Normalen auch Reaktionen hervor. In ihrer therapeutischen Wirkung sind aber Milch und Pepton den anderen Substanzen sehr ähnlich.

Es gibt Infektionen, welche die Allergie bessern, und solche, welche die Allergie verschlechtern; es muß bei der antiallergischen Therapie unser Bestreben sein, die ersten Erscheinungen nachzuahmen. Unglücklicherweise können alle Mittel, welche uns dabei zu Gebote stehen, die spezifischen Allergene, auch Tuberkulin, Milch, Pepton, den Zustand nicht nur verbessern, sondern auch verschlechtern. Oft geben Injektionen mit einer bestimmten Substanz, z. B. Milch oder Pepton, im Anfang nur Vorteile, allmählich zeigen sich dann auch die Nachteile, so daß eine Dosis, welche erst den Zustand bessert, ihn später — manchmal ganz plötzlich — verschlechtert; es hat sich dann eine Überempfindlichkeit gegen diese Stoffe entwickelt. Interessant ist, daß auf diese Weise bei Allergischen unzweifelhaft eine Überempfindlichkeit gegen Pepton entstehen kann, wiewohl angeblich in Tierversuchen das Hervorrufen anaphylaktischer Erscheinungen mit Pepton nicht gelingt.

Aus Obenstehendem geht deutlich hervor, daß zwischen der spezifischen und der nicht spezifischen

antiallergischen Behandlung kein prinzipieller Unterschied besteht. Mit beiden Methoden kann man Gutes und Schlechtes erreichen. Nur habe ich bestimmt den Eindruck, daß die spezifische Methode gefährlicher ist, und deshalb üben wir sie nur noch in seltenen Fällen aus. Ursprünglich haben wir Tuberkulintherapie in den Fällen angewendet, wo wir spezifische Therapie hätten ausüben wollen, wo uns aber das spezifische Allergen fehlte. Das Tuberkulin war dann gewissermaßen ein Surrogat. Später aber haben wir die Erfahrung gemacht, daß oft das Surrogat besser ist als das wirkliche spezifische Allergen, deshalb behandeln wir fast alle unsere allergischen Fälle mit Tuberkulin während in kurzen Perioden auch Milch und Pepton gegeben wird.

Oben ist besprochen worden, daß alle Allergischen auf Extrakt von Menschenhautschuppen reagieren, es würde deshalb angebracht sein, die Behandlung mit diesen Extrakten zu versuchen. Untersuchungen darüber sind in unserem Institut im Gange.

Die Erkennung der Tatsache, daß eine Anzahl Krankheiten auf Überempfindlichkeit für bestimmte Stoffe zurückgeführt werden können, und daß man durch Injektion mit verschiedenen Substanzen diese Krankheiten verbessern oder auch verschlechtern kann, ist von sehr großer Bedeutung. Ist doch für eine Anzahl Krankheiten, welche früher nicht richtig behandelt werden konnten, eine rationelle Therapie möglich geworden. Indessen muß man sich wohl dessen bewußt sein, daß unsere Kenntnisse von diesen Dingen noch sehr im Anfang stehen. Eine Erklärung des Mechanismus der Überempfindlichkeit und seine Beeinflussung durch therapeutische Maßnahmen fehlt noch vollkommen, und auch die Therapie kann noch keineswegs eine ideale genannt werden. In vielen Fällen leistet die Therapie Erstaunliches, in anderen Fällen ist sie ganz wirkungslos. Vieles Suchen und Forschen wird also auf diesem Gebiete noch nötig sein. Nur hat man heutzutage den Vorzug, daß man den Weg, welchem man zu folgen hat, klarer vor sich sieht.

Zur Parabiosefrage.¹⁾

Eine Reihe von Untersuchungen zielt darauf ab, die Mitbeteiligung des Partners bei physiologischen Vorgängen im Organismus des einen Tieres zu prüfen. Läßt man, ohne zunächst irgendwelche Eingriffe vorzunehmen, beide Tiere in der Dauervereinigung miteinander, so findet man, daß im Laufe der Zeit in

jedem Falle (Schmidt) oder nur in einem Teile der Parabioseversuche (Mayeda) der eine von beiden Partnern bestimmte Veränderungen erleidet. Das ursprünglich gleich große und kräftige Tier wird bei gutem oder sogar übermäßigem Wachstum des Partners zunehmend magerer und, unter Umständen blaß und

¹⁾ Gegen Ende des ersten Dezenniums dieses Jahrhunderts gelang es Saucbruch und Heyde, junge Säuger (Kaninchen) auf operativem Wege so mit einander zu verbinden, daß beide Organismen zu einem einheitlichen Ganzen aneinanderheilten. Sie benutzten diesen Zustand der Dauerverheilung zweier Organismen, den sie Parabiose nannten, um zunächst einmal die Bedingungen zu studieren, unter denen sich diese Vereinigung erreichen ließ, und dann

zur Erforschung der Wechselbeziehungen, die ihrer Erwartung gemäß bei den Parabiosepartnern reichlich in Erscheinung traten. Im Anschluß an den Aufsatz von Heyde über die Parabiose im Jahrgang 1915 der *Naturwissenschaften* erscheint hier ein Teil des Berichtes von Dr. Werner Schultze in Würzburg, den die Klinische Wochenschrift über den gegenwärtigen Stand der Parabiosefrage Ende des vorigen Jahres veröffentlicht hat.

anämisch, manchmal aber auch gegenteilig sehr blutreich. Das Fell wird struppig und unter Hinzutreten anderer Symptome, die auf einen allgemeinen Verfall schließen lassen, geht das Tier zugrunde. Eine ähnliche Erscheinung hatten wir bei den Froschlarven gesehen, wenn das eine Tier seinen Nachbar im Wachstum plötzlich spontan stark überflügelte. Von den ersten Beobachtern (*Sauerbruch* und *Heyde*, *Morpurgo* u. a.) wurde der Vorgang im Sinne der sogenannten Athrepsie *Ehrlichs* gedeutet. Das eine Tier soll bei gemeinsamem Stoffaustausch auf Kosten des anderen wachsen. So hat *Matsuyama* auch den Sektionsbefund dieser atrophisch gewordenen Tiere als den von Hungertieren ausgelegt. Andere (*Mayeda*) glauben aber eine Zunahme der biochemischen Differenz annehmen zu müssen, woraus schließlich eine hämolytische Einwirkung des Serums des größeren Tieres auf das Blut des kleineren resultiert. Sie legen auch den Sektionsbefund dementsprechend aus. In diesem Punkt herrscht noch keine Übereinstimmung.

Wird das eine von zwei Parabiosetieren trächtig, so zeigen sich an dem Körper des anderen reaktive Veränderungen. Ist der Partner ein nicht trächtiges Weibchen, so kommt es zu einer Schwellung und Sekretion der Milchdrüsen. Gegen Ende der Gravidität, kurz vor dem Geburtsbeginn, wird der Partner außerordentlich matt, und diese Mattigkeit steigert sich während der Geburt so, daß das nichtträchtige Tier unter Umständen zugrunde geht. *Sauerbruch* und seine Mitarbeiter haben, wie ich schon eingangs zitierte, daraus geschlossen, daß durch den Einfluß der Frucht in dem Körper des schwangeren Tieres Stoffe²⁾ entstehen, die bei ihm selbst die Geburt auslösen und bei dem anderen Tiere giftig wirken. Dabei ist es gleichgültig, ob der Partner ein Männchen oder ein nichtträchtiges Weibchen ist. Analog sah man bei einer Gravidität einer der beiden Schwestern Blazek bei der nichtschwangeren Schwester eine Schwangerschaftspigmentierung und ebenso Brustdrüsenanschwellung und Milchsekretion auftreten, während sie bemerkenswerterweise vor und während der Niederkunft der Schwester unbeeinflusst blieb. Man sucht das so zu erklären, daß bei diesen Pygopagen mit ihrer ziemlich ausgeprägten Gefäßkommunikation und ihrem langen Zusammenleben doch eine erhebliche Herabsetzung der biochemischen Differenz anzunehmen ist.

Stirbt eines von zwei Parabiosetieren, so ist der Tod des anderen unvermeidlich, wenn keine zeitige Trennung erfolgt. Bei menschlichen Doppelmißbildungen ist dasselbe der Fall. Der Tod des Partners kann verschiedene Ursachen haben. Einerseits kann eine Krankheit des erstgestorbenen Tieres vorliegen, die schon vor seinem Tod den Partner ungünstig beeinflusst hat; ferner kann unter Umständen nach der Annahme einzelner Autoren sich das überlebende Tier in die Leiche verbluten (von *Enderlein* und *Mayeda* negiert); außerdem kann das überlebende Tier in seltenen Fällen erst durch die Resorption von Leichentoxinen und Fäulnisprodukten nach längerer Zeit zugrunde gehen. Die Frage, ob etwa nach dem Tod des einen Partners eine Spontanabstoßung der Leiche durch das überlebende Tier erfolgen kann, ist noch ungeklärt.

Experimentell-pathologische Versuche an Parabiosepaaren haben zunächst einmal gezeigt, daß Medika-

mente und Gifte in kurzer Frist von einem Partner zum andern übergehen. Dasselbe gilt für vitale Farbstoffe. *Mayeda* gibt jedoch an, daß in beiden Fällen bemerkenswerte Unterschiede bestehen, je nachdem, ob die Parabiosetiere an und für sich dauernd leben können, ohne Schaden aus dem Zustand der Dauervereinigung zu nehmen („homogene Parabiose“), oder ob die Tiere an und für sich durch den Zustand der Dauervereinigung schon schwer geschädigt sind („heterogene Parabiose“). Bei passiver Immunisierung des einen Partners erfolgt ein Übergang der Immunkörper, der zu einer Mitimmunisierung des nichtbehandelten Tieres führt. Dabei tritt bei diesem Tier die Immunität später auf, und zudem ist die Immunisierung keine so starke wie bei dem behandelten Tier. Bei aktiver Immunisierung eines Tieres tritt eine Immunisierung des zweiten nur auf, wenn dem ersten Partner größere Mengen von Antigen zugeführt werden. Es wird dann ein Antigenübergang beobachtet (*Friedberger-Nassetti*, *Kräus-Ehrlich-Ranzi*).

Von *Sauerbruch* wurde auch der Übergang von Bakterien (Milzbrand) von einem Tier auf das andere in relativ kurzer Zeit festgestellt. Der Untersuchung der Verbindung der beiden Tiere dienten zahlreiche Injektionsversuche (*Sauerbruch*, *Goldmann*, *Morpurgo*, *Mayeda* u. a.). Diese haben ergeben, daß die Lymphspalten und Lymphgefäße der Tiere weitgehend miteinander kommunizieren. Die Blutgefäße des Partners lassen sich nur unter größerem Druck bei Injektion von Farblösungen von der Aorta des ersten Tieres aus auffüllen, und die Untersuchung zeigt, daß reichlich Haargefäßanastomosen an der Vereinigungsstelle bestehen, was manche Autoren nach partieller Durchtrennung der Brücke schon durch Betrachtung des Restes intra vitam festgestellt haben wollen.

Sauerbruch hat durch Parabioseversuche wertvolle Beiträge zur Kenntnis des experimentellen Ileus geliefert. Er unterband bei einem Parabiosetier den Darm und bekam die Erscheinungen des schweren Ileus sowohl bei diesem Tier als auch bei dem parabiotischen anderen, mit dem Unterschied, daß bei dem Partner die Erscheinungen später auftraten. Er wies nach, daß bei diesem erkrankten zweiten Tier Blut und Gewebe noch vollständig steril waren, so daß Stauungstoxine, nicht Bakterieneinbruch, diese schweren Symptome ausgelöst haben müssen.

Derselbe Autor mit seinen Mitarbeitern, ferner *Morpurgo*, *Matsuyama* u. a., haben die Frage der kompensatorischen Nierenfunktion an Parabiosepaaren geprüft. Exstirpiert man in längeren Zeitabständen hintereinander eine bis drei Nieren von den vier Nieren der beiden Partner, so findet man die restliche Niere sowie schon vorher die später exstirpierten ihrem Gewichte nach stark vergrößert, und auch der histologische Befund zeigt eine starke kompensatorische Hypertrophie und Hyperplasie der Organe. Klinisch kann nach Exstirpation von zwei Nieren jedes Urämiesymptom längere Zeit hindurch ausbleiben. Später tritt jedoch in jedem Falle Urämie ein. Die Gründe für ihr Zustandekommen sind noch nicht vollständig aufgeklärt, zum Teil aber wohl sicher in einer toxisch wirkenden Anschoppung nicht zur Ausscheidung kommender intermediärer Stoffwechselprodukte zu suchen. Exstirpiert man einem von zwei Parabiosetieren das Pankreas, so wird das Auftreten einer Glykosurie, die nach Exstirpation des Pankreas bei einem Einzeltier stets nach kurzer Frist in Erscheinung tritt, vollkommen aufgehoben oder wenigstens hinausgezögert (*Forschbach*).

²⁾ Ob diese Stoffe jenen gleich oder ähnlich sind, die das dauernde Gelingen einer „harmonischen Parabiose“ bei Ratten verhindern, ließe sich experimentell untersuchen.

Auch die Schilddrüse, Epithelkörperchen, Thymus, Nebennieren und Keimdrüsen wurden bei einem der Parabiosetiere entfernt, um die Kompensationserscheinungen zu untersuchen. Die Versuchsergebnisse sind aber zum Teil noch einander widersprechend. Bei den Epithelkörperchen stört die Möglichkeit des Auftretens akzessorischer Drüsen. Die Entfernung der Nebennieren bei einem Partner wird durch die Nebennieren des zweiten Tieres kompensiert. Nach Exstirpation der Keimdrüsen sah Matsuyama eine vikariierende Hypertrophie der Hoden, Samenblasen und der Prostata bei dem nichtkastrierten Tier, wobei es gleichgültig blieb, ob der Kastrat ein Männchen oder Weibchen war. Verband man ein weibliches Tier mit einem männlichen oder weiblichen Kastraten, so trat nach anfänglicher Hypertrophie und Hyperfunktion der Ovarien mit Ausbildung zahlreicher Corpora lutea sekundär eine cystische Degeneration in Erscheinung. Die Veränderung der übrigen endokrinen Drüsen sind diejenigen, die er auch bei Einzelkastrierten gefunden hat. Bei Vereinigung eines weiblichen und eines männlichen Tieres miteinander will Matsuyama nach anfänglicher Hypertrophie ein sekundäres Zugrundegehen der beiderseitigen Keimdrüsen gesehen haben, doch wurden seine Befunde durch die Sauerbruchsche Schule (Schmidt) nicht bestätigt.

Mayeda hat der parabiotischen Vereinigung freie Überpflanzung von Hautstückchen vorausgeschickt. Er will bei Gelingen dieser Transplantation später stets

eine „homogene Parabiose“ bei Mißlingen eine „heterogene Parabiose“ erhalten haben. Mayeda hat ferner bei schon länger bestehender Parabiose Haut-, Hautmuskellappenüberpflanzungen, Stielplastiken, Knochen- und Organüberpflanzungen ausgeführt (letzteres auch Schmidt). Nur bei sogenannter „homogener Parabiose“ hat er positive Ergebnisse gehabt. Die Haut, als hauptsächlichste Bildungsstätte von Immun- und Antikörpern, erwies sich als besonders ungeeignet für solche Versuche. Schon Jahre vorher haben Enderlen, Hotz und Flörken Hunde durch direkte Gefäßvernahtung (wechselseitige Vereinigung von Carotis und Vena jugularis) miteinander verbunden und nach solchem, bis zu drei Tagen währendem, vollständigem Blutaustausch Transplantationen ausgeführt (Niere, Gefäße). Die biologische Individualität wurde keineswegs herabgesetzt und die homöoplastische Transplantationsfähigkeit keinesfalls gebessert. Der Zustand an sich hatte keine schädlichen Folgen. (Keine Vergiftungssymptome, keine Hämaturie.)

Wenn es auch nicht möglich ist, in einem kürzeren zusammenfassenden Referat alle Einzelergebnisse, die mit der Parabiosemethode an Warmblütern gewonnen wurden, wiederzugeben, so dürfte es doch eine Übersicht über ihre wichtigsten Resultate gebracht und insbesondere den Nachweis geliefert haben, daß bei der Parabiose dieselben biologischen Gesetze Gültigkeit besitzen wie bei der Transplantation.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Atomanordnung der kristallisierten Elemente.

Die bis jetzt in bezug auf ihre Feinstruktur bekannten Elemente lassen sich auf die vereinte Wirkung von Kern und Valenzelektronen zurückführen.

Der Kern hat das Bestreben, das System der Atomschwerpunkte nach den Knotenpunkten eines der beiden tetraedrischen Systeme α_1 (flächenzentriertes Gitter) und β_1 (innenzentriertes dreiseitig-prismatisches Gitter mit $a:c = 1:2\frac{1}{2}\sqrt{6}$) anzuordnen, welche die dichtesten Punktanordnungen eines homogenen Diskontinuums darstellen.

Die Verbindungsstrecke eines Valenzelektrons (evtl. des Mittelpunktes seiner Schwingungsbahn) mit dem Kernschwerpunkte ist elektrostatisch polar, die Senkrechte zur Elektronenbahn elektrodynamisch (= magnetisch) polar. Ein Valenzelektron zwischen zwei Atomkernen eines Elementes, welches keine oder nur eine Sphäre anderer Elektronen besitzt, wirkt auf die beiden Elemente stets anziehend (Li, Al, C). Zwei Valenzelektronen zwischen zwei Kernen wirken abstoßend (Be, Ti, Ru).

Die polaren Richtungen haben das Bestreben, sich astatisch anzuordnen. Beim Typus α wird dies er-

reicht durch Anordnung der betreffenden Netzlينien nach vier Scharen asymmetrischer trigonaler Achsen; beim Typus β durch Durchdringung zweier dreiseitig-prismatischer Gitter.

Der Typus β ist auf Elemente mit geradzähliger, spiegelbildlicher Valenz beschränkt (Be, Ti, Ru).

Überwiegt die Kernwirkung, dann erfolgt Atomanordnung nach α_1 (Au), überwiegt die elektrostatische Wirkung, dann wechselt die Atomanordnung von Gruppe zu Gruppe je nach der Valenzzahl, α_2 (raumzentriertes Gitter) bei den Alkalien, β_1 bei Be, α_1 bei Al, α_3 (Diamanttypus) bei Diamant.

Die magnetische Polarität sucht die in ihre Richtung fallenden Netzlينien mit möglichst vielen Atomschwerpunkten zu besetzen.

Nach diesen Grundsätzen läßt sich allgemein und ohne Schwierigkeit für alle bisher bezüglich ihrer Feinstruktur bekannten Elemente die Atomanordnung ableiten.

Eine ausführliche Mitteilung wird in einer Fachzeitschrift veröffentlicht werden.

Würzburg, im Juni 1923.

J. Beckenkamp.

Botanische Mitteilungen.

Lichtkrümmung und Lichtwachstumsreaktion. Auf Grund seiner Beobachtungen an allseits belichteten Pflanzenorganen, wonach jeder bestimmten Lichtintensität eine bestimmte Wachstumsgeschwindigkeit entspricht (Photowachstumsreaktion), gelangte Blaauw zu seiner bekannten Theorie des Phototropismus, die jetzt im Mittelpunkt der Diskussion steht. Nach dieser Theorie kommen die phototropischen Reaktionen der

Pflanzen erst sekundär dadurch zustande, daß bei einseitiger Belichtung dem Intensitätsgefälle entsprechend auf Vorder- und Hinterflanke eine verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit herrscht, die rein mechanisch eine Krümmung nach sich zieht. Tatsächlich weist die „Photowachstumsreaktion“ dieselben Oszillationen auf, die auch für die phototropischen Krümmungen bezeichnend sind. Ein exakter quantitativer Nachweis,

daß sich die Phasen der Photowachstumsreaktion und die der phototropischen Krümmung decken, steht aber noch aus. Diese Lücke sucht *Leo Brauner* (Zeitschr. f. Bot. 14, 1922) auszufüllen. Er führte Parallelversuche aus, bei denen unter möglichst gleichartigen Bedingungen der Verlauf der Photowachstumsreaktion bei zweiseitig belichteten und die phototropische Reaktion bei einseits belichteten Haferkeimlingen studiert wurde. Es ergab sich, daß in zahlreichen Fällen der Krümmungsverlauf und die Photowachstumsreaktion weitgehend übereinstimmen, „und zwar sowohl im positiven als auch im negativen Teil der Bewegung dergestalt, daß eine Zunahme der Krümmung Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit entspricht und umgekehrt“. Die beiden Kurven verlaufen also, wie zu erwarten war, spiegelbildlich. In verschiedenen Fällen war freilich von dieser Gesetzmäßigkeit nichts zu merken, was *Brauner* auf besondere Störungen (eintretende Adaptation, gleichzeitige geotropische Einflüsse u. a.) zurückführt. Trotzdem erblickt er in seinen Versuchen eine Bestätigung der Blaauwschen Theorie. Dieser Schluß kann aber noch nicht als gesichert gelten, zumal *Lundegårdh* fast gleichzeitig zu genau konträren Folgerungen gelangt ist (Ark. f. Bot. 18, 1922). Weiterhin stellte dann *Brauner* fest, daß im Einklang mit Erfahrungen von *Trondle* auch bei *Avena* durch das Licht die Permeabilität erhöht wird. Mit Rücksicht auf die neuen Erfahrungen über Reizleitungsvorgänge (*Bonsen-Jensen*, *Paal*, *Stark*), wonach Diffusionsprozesse eine maßgebende Rolle spielen, gelangt er dann zu folgender Auffassung der phototropischen Reaktion. Von der Spitze des Keimlings werden allseitig Hemmungstoffe gebildet. Durch die Erhöhung der Permeabilität auf der Lichtflanke erfolgt hier die Leitung abwärts rascher und infolgedessen wird das Wachstum retardiert; die Folge davon ist eine Krümmung nach der Lichtseite. Die Schwierigkeit, die darin liegt, daß Diffusionsprozesse sehr langsam erfolgen, wird dadurch einigermaßen behoben, daß *Brauner* in den Zellen der *Avena* coleoptile sehr lebhaftes Protoplasmaströmung nachweisen konnte.

Eine im direkten Sonnenlicht nicht lebensfähige Sippe von *Avena sativa*. Über eine eigenartige chlorophylldefekte Hafersorte, die er als f. *lutescens* bezeichnet, berichtet *A. Akerman* (Hereditas III, 1922). Sie tritt auf bei Kreuzungen zwischen Novahafer und Schwarzhafersorten des in Mittelschweden gebauten Typus (Glockenhafer, Großmogulhafer und Fyrishafer), und zwar liegen die Verhältnisse folgendermaßen. Die Eltern sind durchweg normalgrün; desgleichen die F_1 -Generation. In F_2 dagegen treten einzelne Individuen auf, die zunächst ebenfalls typisch grün erscheinen, dann aber allmählich vergilben und infolge von Chlorophyllmangel absterben. Auf 70 grüne Pflanzen etwa kommt eine vergilbende; das entspricht ziemlich genau dem Verhältnis 63:1, wie es für trifaktorielle Spaltung bezeichnend ist. *Akerman* gelangt infolgedessen zu der Auffassung, daß drei gleichsinnige Faktoren für Normalgrün vorhanden sind. Grün ist dominant über Gelb, daher erscheint F_1 typisch grün. In F_2 findet Aufspaltung statt, aber bloß die Individuen, denen alle Grünfaktoren fehlen, werden gelb, das sind nach den Spaltungsregeln $1/64$. Die grünen Formen von F_2 besitzen die verschiedenartigste

genotypische Konstitution und spalten in F_3 , genau der Theorie entsprechend, teils im Verhältnis 63:1, teils 15:1, teils 3:1. Die letzteren sind homozygotisch in 2 Gelb- (= Nichtgrün-) Faktoren, besitzen also bloß einen heterozygotischen Grünfaktor. Das gibt sich äußerlich darin zu erkennen, daß vorübergehende Vergilbung eintritt, die indes wieder der grünen Farbe weicht (Dominanzwechsell!). Auch weisen diese Individuen eine erhöhte Sterblichkeit auf, so daß der Prozentsatz des 3:1 spaltenden Anteils zu gering ist. Von den Ausgangsformen führt der Novahafer wohl einen, die Schwarzhafersorten die beiden anderen Chlorophyllfaktoren zu. So würde verständlich, daß der Novahafer heller grün erscheint. Es liegt also kumulative Wirkung vor. Das Vergilben der *lutescens*-Sippe findet bloß bei starkem Licht statt, bei schwacher Beleuchtung bleiben die Pflanzen grün und sterben nicht ab. Aber der Chlorophyllgehalt ist deutlich geringer als beim Typus. Es handelt sich also nach der geläufigen Terminologie um eine chlorina-Form, die nur die Besonderheit zeigt, am helleren Licht zu vergilben. Solche Sippen hat auch *Correns* bei *Mirabilis jalapa* festgestellt. Das Vergilben kann entweder darauf beruhen, daß das Chlorophyll durch das Licht zerstört wird oder aber, daß Hemmung der Chlorophyllbildung eintritt. Hierüber sollen weitere Untersuchungen Aufschluß geben.

Die Keimungsrichtung von Fucoseiern und die Theorie der Lichtperzeption. Es ist schon lange bekannt, daß die Eier des Blasentang (Fucus) durch das Licht polarisiert werden. Beim Auskeimen entstehen die Rhizoiden an der dem Licht abgekehrten Seite, und damit ist die weitere anatomische Differenzierung der jungen Pflanze vorgezeichnet. Während naturgemäß im Freien die Bildung der Rhizoiden den Lichtverhältnissen entsprechend an dem erdwärts gerichteten Pol auftritt, kann man im Experiment eine Rhizoidbildung auf der Oberseite erzwingen, wenn man die Eier von unten beleuchtet. Da taucht die Frage auf, ob dieses Verhalten durch die Intensitätsverteilung des Lichts oder durch die Strahlenrichtung — wie man gewöhnlich angenommen hat — bedingt ist; diese Frage ist deshalb besonders naheliegend, weil sie gegenwärtig auch bei den phototropischen und phototaktischen Reaktionen der Pflanzen im Mittelpunkt der Diskussion steht. Deshalb hat *Nienburg* (Ber. d. D. Bot. Ges. 11, 1922) einen einfachen Versuch zur Klärung dieser Frage angestellt. Er hat Fucoseier halbseitig von unten beleuchtet. Nach der Lichtrichtungstheorie müßten auch jetzt die Rhizoiden oben erscheinen, nach der Lichtabfallstheorie dagegen auf der unbelichteten Seite. Das letzte ist tatsächlich eingetreten. Daß dieser Erfolg etwa durch eine der gewölbten Oberfläche der Eier entsprechende Ablenkung der Strahlen nach der verdunkelten Flanke bedingt sei, kommt deshalb nicht in Frage, weil die Eier so stark mit Öltröpfchen, Fucosan- und Chlorophyllkörnern erfüllt sind, daß im Innern sicher nur noch ganz diffuses Licht vorhanden ist. *Nienburg* folgert daher, daß für die Rhizoidenbildung nicht die Strahlenrichtung, sondern die Lichtverteilung maßgebend ist, ein Standpunkt, den für den Phototropismus und die Phototaxis neben *Nienburg* auch *Guttenberg* und *Bader* neuerdings vertreten haben. *P. Stark*.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 31. (Seite 669—680.)

3. August 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Die Regeneration der Urodelenextremität als Selbstdifferenzierung des Organrestes. Von *Paul Weiss*,
Wien. S. 669.

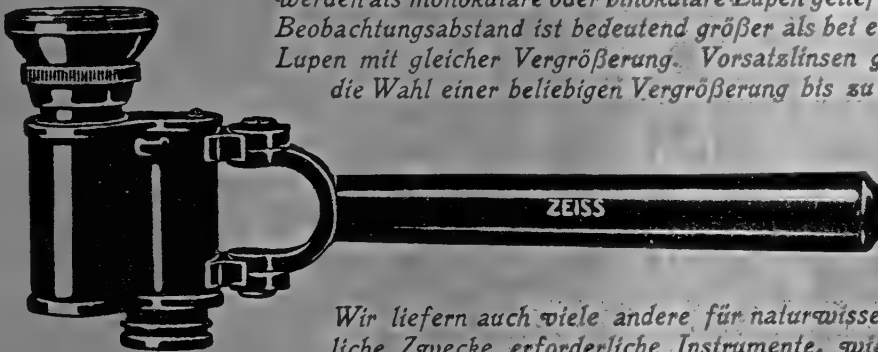
Das Vehnemoor in Oldenburg, eine sterbende Naturlandschaft. Von *B. Brandt*, *Berlin*. (Mit 1 Ab-
bildung.) S. 677.

Besprechungen:

Lebenskunde. Gemeinverständliche Abhandlungen aus dem Gebiete der Wissenschaft vom
Leben. Herausgegeben von W. Stenpell. Von *Karl Heider*, *Berlin*. S. 679.

Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. S. 680.

ZEISS Fernrohr-Lupen



werden als monokulare oder binokulare Lupen geliefert. Der
Beobachtungsabstand ist bedeutend größer als bei einfachen
Lupen mit gleicher Vergrößerung. Vorsatzlinsen gestatten
die Wahl einer beliebigen Vergrößerung bis zu 30fach.

Wir liefern auch viele andere für naturwissenschaft-
liche Zwecke erforderliche Instrumente, wie Mikro-
skope, Einschlaglupen usw.

Druckschriften und
Auskunft durch:

CARL ZEISS, JENA

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von 16000.— M. für August 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 5000.—.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,85 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt. Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 27. Juli 1923: 30 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20220 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

Der August-Bezugspreis für die

„Naturwissenschaften“

beträgt für das Inland M. 16 000.— zuzüglich Porto für direkte Zustellung unter Streifband, bzw. Bestellgebühren bei Bestellung durch die Postämter.

Postbezug ist nur möglich innerhalb Deutschlands.

Die Auslands-Bezugspreise bleiben wie bisher.

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9.

Voigt & Hochgesang Göttingen

**Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.**

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt. Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Archiv für Elektrotechnik

Herausgegeben unter Beteiligung
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des Elektrotechnischen Vereins

Von

Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski, Aachen

XII. Band, 3. Heft

Vom 28. Mai 1923.

INHALTSVERZEICHNIS:

- Über elektrisch und magnetisch gekoppelte durch Elektronenröhren erregte Schwingungskreise. Von K. Heegner.
- Ein Volt-Ampere-Zähler für Dreiphasenstrom. Von C. Breitfeld.
- Drehmoment und Schlüpfung des Drehstrommotors. Von L. Binder.
- Über die Einflüsse von mechanischer Härtung durch Torsion auf die magnetischen Eigenschaften von Eisen und Stahl. Von H. Krüznier.
- Unsymmetriespannungen in Freileitungen und gegenseitige Beeinflussung von Freileitungssystemen. Von Dr. Johann Grabscheid.
- Über die Fortpflanzung von Telegraphierzeichen auf Krarupkabeln. Von H. Salinger.
- Ein neuer Weg zum Ausbau der Kommutierungstheorie. Von L. Dreyfus.

Die Regeneration der Urodelenextremität als Selbstdifferenzierung des Organrestes¹⁾.

Von Paul Weiss, Wien.

Einer der Wege, welche die Entwicklungsmechanik zu ihrem Ziele, der Aufdeckung der Gesetzmäßigkeiten im Entwicklungsgeschehen, hinführen sieht, ist das Studium der Regenerationserscheinungen. Die Regeneration ist ja der ersten Entwicklung sehr verwandt. Beide führen zu „typischen Endgebilden“. Dabei zeigt die Regeneration noch gegenüber der ersten Entwicklung eine weit bessere Übersicht, ist experimentell leichter zugänglich und stellt schließlich vielleicht gar den allgemeineren Prozeß dar, aus dem die „erste“ Entwicklung als der speziellere sich ergeben müßte. Wir brauchen ja nur den ausgebildeten Organismus und nicht die Keimzelle als den Ausgangspunkt zu betrachten und sogleich erkennen wir in dem Neuaufbau des Organismus aus der vom Mutterverband abgesprengten Keimzelle nichts anderes als einen Prozeß der Rückkehr zur typischen Gestalt (in reiner Form bei der Parthenogenese), nur der Größenordnung des „Restbestandes“ nach scheinbar von den sonst als Regeneration angesprochenen Vorgängen verschieden.

An dieser Stelle klafft bereits ein Abgrund zwischen den Ansichten zweier Forschungsrichtungen. Die einen sehen in der Fähigkeit zur Regeneration eine Eigenschaft, die ebenso wie die Ausdifferenzierung des Organismus aus dem Keim dem Organismus als solchem ganz allgemein zukommen müsse; für sie sind jene Fälle erklärungsbedürftig, welche keine Regeneration zeigen, welche etwa ihre allgemein organismische Eigenschaft der Rückkehr zum Ausgangszustand verloren haben. Die andere Richtung, welche jedes ursprüngliche Vermögen des Organismus mit Ausnahme seiner Variationsfähigkeit beiseite lassen will und alle Komplikation über den Weg dieser Variationsfähigkeit zustande gekommen sein läßt, betrachtet die Regeneration auch nur als eine der vielen zweckmäßigen Erwerbungen. Da es mir unvorstellbar erscheint, auf welche Art der Organismus die Regeneration als einfache Nachhäufung seiner ersten Entwicklung in richtungsloser Variabilität sollte erworben haben, da ich mich andererseits schon auf halbem Wege mit jenen treffe, die da sagen werden, nicht die Vorgänge der Regeneration habe der Organismus erworben, sondern die Fähigkeit zur Regeneration, so lege ich schon lieber den Weg ganz zurück, stelle mich auf den Standpunkt

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Wiener Biologischen Gesellschaft am 14. Mai 1923.

der ersten Ansicht und brauche die Fähigkeit zur Regeneration die Organismen nicht erst erwerben zu lassen, wenn es ihrem sonstigen Verhalten nach viel einfacher und natürlicher ist, zu schließen, daß sie diese Eigenschaft vermöge ihres Bestehens als Systeme schon ganz primär besessen haben.

Wenn wir den Organismus als geschlossen und einheitlich reagierendes System anerkennen, so drücken wir darin nur unsere Beobachtung aus, daß wir ihn nach von außen gesetzten Veränderungen, welche nicht seinen Bestand überhaupt zerstören, stets wieder einem bestimmten eindeutigen Zustand zustreben sehen; eine Eigenschaft, die er mit allen anorganischen Systemen teilt. Nur kommt beim Organismus eine hinzu: Seine Eigenschaft als System befähigt ihn, auf jedem nur überhaupt möglichen Wege zu seinem Normalzustand zurückzukehren; es wird aber nicht jeder beliebige dieser Wege benutzt, vielmehr haben sich allmählich einzelne begünstigte als starrer Mechanismus für jede Art Antwortreaktion festgelegt, und so hat bald der Großteil des Geschehens im Organismus seinen fixen Ablauf in vorgezeichneten Bahnen. Der Großteil, aber nicht alles: Ein Restehen Plastizität gewährt ihm die Anpassungsmöglichkeit an die wechselnden äußeren Bedingungen seiner Lebensführung. Für die Funktion habe ich an anderer Stelle den Nachweis dieses Restes organismisch-einheitlichen Verhaltens zu erbringen versucht, hier will ich über meine Versuche, die Plastizität im Gestaltungsvorgang kennen zu lernen, berichten.

Ich will gleich zu Anfang bemerken: Als ich mich an die Versuche heranmachte, habe ich die Wirkungsfähigkeit dieser Plastizität entschieden überschätzt. Verleitet wurde ich dazu hauptsächlich durch die älteren Interpretationen der Regeneration. Es mußte ja zunächst die Tatsache der Wiederausbildung der typischen Form nach irgendwelcher Verstümmelung für den sinnfälligsten Ausdruck einer durchaus einheitlichen, regulatorischen Tätigkeit des gesamten Organismus gehalten werden. Sie so aufzufassen, hatte vor allem Driesch gelehrt, und Morgan stand, wenigstens für manche Formen, auf einem ähnlichen Standpunkt. Vorsichtiger in der Auslegung werden wir erst, wenn das Experiment uns dazu zwingt. Da werden wir dann aufmerksam, daß ja der Organismus seine ursprünglich einheitlichen Reaktionen so bald und leicht in ein festes

Glens einfährt, ohne daß sich an der nach außen hin unter den Bedingungen, unter denen die Reaktion entstanden war, noch weiterhin einheitlichen Erscheinungsform eine Änderung dem Beobachter zu erkennen gäbe. Ich erinnere mich da oft an die Sandbauten meiner Kindheit: Aus nassem, kittigem Sand, was ließen sich da für feste Bildwerke und Gestalten formen! Und kam man dann nach einiger Zeit wieder zu ihnen, da sahen sie noch aus ganz wie nach ihrer Schöpfung, nichts hatte sich nach außen hin verändert; doch rührte man an ihnen, da zerfielen sie, die früher so fest und haltvoll, in formlose Massen von Staub: sie hatten den inneren Zusammenhalt verloren. So ähnlich geht es den Reaktionen des Organismus, ohne daß wir es von außen merken, wie weit die Mechanisierung bereits fortgeschritten ist. Lassen wir die Reaktion einmal unter ungewöhnlichen Bedingungen vor sich gehen, dann muß sich zeigen, wie weit sie schon erstarrt, in ihren Teilen auf einen unabänderlichen Mechanismus festgelegt, und wie weit sie noch plastisch und einheitlich ist.

Die ersten Experimente, die in diesem Sinne angestellt waren, sprachen sehr zugunsten einer starken Plastizität. Ich meine die Fälle von „Umpolarisierung“ der kleineren durch die größeren Komponenten in regenerierenden polaritätsverkehrten Pfropfkombinationen von *Hydra*, wie sie von Wetsel, Peebles, King, Rand festgestellt werden konnten. Und zwar sprachen sie zugunsten eines Einflusses, den wirklich der gesamte Organismus, das „Ganze“, ausübte: Ein und dasselbe Material könnte ja je nach seiner Eingliederung verschiedenartig regenerieren, immer das, was zur Ergänzung der typischen Form der ganzen Kombination nötig war, also etwa an einer aboralen Schnittfläche Tentakel, wenn der Kombination der Kopf fehlte. Nicht etwa, daß wir annehmen müßten, es vermöchte dabei dem aufgepfropften Material eine ihm völlig fremde Entwicklungsrichtung aufgegedrängt zu werden; aber schon die Tatsache, daß es unter den verschiedentlichen Entwicklungsmöglichkeiten, die es potentia enthält, zumeist jenen Weg einschlägt, welcher am ehesten zur Wiederherstellung einer einheitlichen typischen Form führt, spricht für eine Beeinflussung durch außerhalb des Pfropfmateri als gelegene Faktoren. Es verleiten also die genannten Versuche zu der Annahme, daß Material und Differenzierungsfaktor nicht immer eins sind; allerdings sei gleich hervorgehoben, daß die Umpolarisierung nur an geringen Mengen von Bildungsmaterial gelingt; größere Pfropfstücke behalten ihre Eigenorientierung auch bei der Regeneration.

Es schien so die Regeneration, wenigstens in manchen Fällen, durch einen vom Gesamtorganismus gelieferten Differenzierungseinfluß geregelt, nur über die Wirkungsweise dieses Einflusses war man verschiedener Meinung. Auf der einen Seite betonte man die gestörte Einheitlich-

keit des Organismus, sei es bezüglich der vermuteten autonomen Gestaltfaktoren (*Driesch*), sei es bezüglich seiner physikalischen und chemischen Gleichgewichtsbedingungen (Spannungsverhältnisse, *Morgan*; in einigen Punkten auch *Przibram*, welcher jedoch eine feste Determination des Regenerates durch die Wachstumsverhältnisse der Schnittfläche für wahrscheinlich hielt).

Auf der anderen Seite vermutete man die Beeinflussung via Nervensystem zustande gekommen; der Gedanke lag ja nicht fern, daß dieses, wie es die Einheitlichkeit der Funktion des Organismus gewährleistet, so auch auf die Formbildungsvorgänge einen im Sinne einheitlicher Ausbildung regulierenden Einfluß sollte üben können. *Herbst* meinte durch die Deutung seiner berühmten Auge-Antennen-Heteromorphose bei *Palaemon* den „formativen Einfluß“ des Nervensystems erwiesen zu haben, und *Morgan* hielt wieder beim Regenwurm die Regeneration eines Kopfes an das Vorhandensein einer vorderen Schnittfläche des Bauchmarkes an der Regenerationsstelle gebunden. Bald entbrannte auch ein heftiger Streit über die Abhängigkeit der Regeneration von Amphibienextremitäten vom Nervensystem. Dabei wurden dem Nervensystem entweder determinierende Fähigkeiten zugeschrieben: es sollte direkt formbestimmend wirken, d. h. demselben Ausgangsmaterial verschiedenartigen Bildungsgang je nach Bedarf vorschreiben können; oder aber es sollte den Weg für den Korrelationsaustausch des neuerstandenen Organes mit dem übrigen Organismus vorstellen. (Die Bedeutung der funktionellen Anpassung können wir hier vorläufig außer Acht lassen, denn sie betrifft die *Ausgestaltung* und nicht die *Anlage* der typischen Form.)

So war man, ehe man noch überhaupt allgemein erwiesen hatte, ob die Regeneration wirklich den einheitlichen Vorgang, den man in ihr vermutete, darstellt, schon im Streit über die Einzelheiten dieses Geschehens. Als ich mich vor drei Jahren mit den Erscheinungen der Regeneration zu beschäftigen anfang, standen also folgende Fragen in erster Linie zur Beantwortung:

1. Ist die Regeneration wirklich eine unter dem Einfluß des ganzen Organismus formbestimmte Regulation oder macht sie nur den Eindruck einer solchen, solange sie sich unter normalen Verhältnissen abspielt?

2. Welches ist die Rolle des Nervensystems bei der Regeneration? Daß es im Gegensatz zur ersten Entwicklung irgendwie dabei beteiligt wäre, schien nach den Untersuchungen früherer Autoren wahrscheinlich.

3. In welchem Zusammenhang stehen Material und Differenzierungsfaktor? Das ist die Frage nach Herkunft und Fähigkeiten des Aufbaumaterials.

Die Experimente habe ich alle an den Extremitäten von Amphibien ausgeführt und ihre Ergeb-

nisse gelten zunächst nur für diese Objekte. Versuchstiere waren arterwachsene Molche (*Triton cristatus*, *T. vulgaris*) oder Larven von *Salamandra maculosa*. Ich wählte schon darum diese Versuchsobjekte, weil bei ihnen der Einfluß des Nervensystems auf die Regeneration am heftigsten umstritten wurde.

Hauptschuld an diesem Streit trug die laxo Problemstellung, jeder stellte sich unter „Einfluß des Nervensystems“ etwas anderes vor; nur so konnte es kommen, daß dieser „Einfluß“ von dem einen mit ebensolcher Entschiedenheit bejaht, wie er von dem andern verneint wurde. Die Frage gehörte eben zu jenen vielen, welche, um einfach mit Ja oder Nein beantwortet werden zu können, ganz anders hätte gestellt sein müssen. Nach den bisherigen Arbeiten konnte immerhin folgendes als festgestellt gelten: Enthirnung (Rubin), Querdurchtrennung des Rückenmarkes (Godlewsky) und Zerstörung des Rückenmarkes (Wolff, Goldfarb) beeinträchtigen die Regeneration einer Urodelenextremität nicht. Werden dagegen die zur Extremität führenden peripheren Nerven durchgeschnitten, so fällt die Regeneration aus. Es wird zwar auch dann ein Blastem an der Wundfläche angelegt, jedoch kommt es zu keinerlei weiterer Ausbildung, noch Differenzierung (Rubin, Hines, Walter).

Durch diese Befunde ist das Problem eingengt: Unnötig zur Regeneration ist Intaktheit des Zentralnervensystems, ja nicht einmal die dem regenerierenden Abschnitte zugehörigen Segmente brauchen zu bestehen. Notwendig erschien dagegen die Intaktheit der peripheren Nerven. Welches war nun, so mußte man sich fragen, der wesentliche zwischen Peripherie und Rückenmark liegende Abschnitt, an dessen Anwesenheit die Regeneration gebunden war? Da dachte man natürlich an die Spinalganglien; sie waren in den Versuchen mit Rückenmarkszerstörung durch Ausbohren oder Ausbrennen erhalten geblieben und es war Regeneration eingetreten; sie waren in anderen Versuchen, in denen der ganze um das Rückenmark liegende Bezirk mit der Wirbelsäule exzidiert worden war, mitentfernt und die Regeneration blieb aus (Wolff, Walter). Wolff hielt einen solchen Einfluß der Spinalganglien für *determinierend formativ*; er nahm sogar gesonderte, aus den Spinalganglien entspringende „*formative*“ Nervenfasern an.

Zur Untersuchung der Art der Einflußnahme stellte ich nun eigene Versuche an. Ich habe in allen meinen Versuchen die den Gang der Regeneration beeinflussenden Operationen nur auf der einen Seite vorgenommen, während die Amputationen stets an beiden Extremitäten des Paares ausgeführt wurden, um außer auf der Operationsseite auch auf der normalen Gegenseite ein Regenerat als Kontrolle zu erhalten. Zunächst überzeugte ich mich von der Richtigkeit der Angabe, daß nach Ausschaltung fast aller Extremitätennerven die Extremität zur Regene-

ration vollständig unfähig wird. Wird der Plexus brachialis durchtrennt und dann der Arm im Ellbogen amputiert, so bleibt jede Regeneration des Stumpfes aus. Es ließ sich nun daran denken, daß die Nervenwirkung vielleicht nur bei der Auslösung des Regenerationsgeschehens beteiligt wäre, daß dagegen die weitere Ausgestaltung eines einmal angelegten Regenerates auch ohne Nerveneinfluß vor sich gehen könnte. Zur Untersuchung dieser Möglichkeit ließ ich an Amputationsstümpfen die Regeneration in Gang kommen und durchschnitt, erst nachdem das Regenerat einen gewissen Grad von Ausbildung erlangt hatte, die zuführenden Nerven. Da zeigte sich folgendes: Auf der Seite, auf der die Nerven unterbrochen sind, steht der Regenerationsprozeß sofort still und keine weitere Ausgestaltung des Regenerates in Form und Größe ist fortan zu merken, einzig und allein der Pigmentierungsprozeß schreitet weiter. Ja, wenn sich das Regenerat zur Zeit der Nervenunterbrechung noch auf dem Stadium der „Knospe“ (Schaxel), das ist noch vor dem Sichtbarwerden äußerer Differenzierungen, befindet, so zeigen sich an ihm deutliche Involutionerscheinungen, welche den schon ausgebildeten Regenerationskegel zu einer flachen Narbe schrumpfen lassen. Auf der Kontrollseite geht die Regeneration normal zu Ende; auf eine gewisse korrelative Verlangsamung des Prozesses auf der Normalseite kann ich hier nicht näher eingehen. Wesentlich ist für uns nur die Erkenntnis, daß auch der in Gang befindliche Regenerationsprozeß auf jedem beliebigen Stadium durch Unterbrechung der Nervenbahnen zum Stillstand gebracht werden kann, daß die Nervenwirkung also zum Fortgang des Prozesses nötig ist. An einen funktionellen Einfluß ist dabei nicht zu denken, da ja die Regeneration nach Zerstörung des Zentralnervensystems an der funktionsunfähigen Extremität ebenso wie an der funktionsfähigen verläuft. Es bleiben also nur noch die Möglichkeiten, daß es sich entweder wirklich um einen determinierend formbestimmenden oder um einen mehr allgemein realisierenden Einfluß handelt.

Um zunächst die erstere zu prüfen: Sollte das Nervensystem wirklich die Fähigkeit besitzen, einem mehr oder weniger indifferenten Material einen gewissen Entwicklungsgang vorzuschreiben, so muß erwartet werden, daß bei *teilweiser* Entnervung nur der noch innervierte Teil des Regenerationsgebietes sich ausbilden könnte und daß solcherart das Endgebilde gewisse, den betreffenden Partialausschaltungen von Nerven entsprechende Formdefekte aufweisen würde. Auf diese Weise dachte sich auch Wolff die Mißbildungen in seinen Versuchen zustande gekommen. Die Frage ließ sich leicht experimentell lösen und die Ergebnisse vertragen sich nicht mit der Wolffschen Anschauung: Ich zerstörte nicht wie die früheren Autoren *alle* zur regenerierenden Extremität führenden Nerven, sondern nur einen

Teil, und zwar unter Intaktbelassung der übrigen: A) vor der Plexusbildung den I. oder den II. Hauptstamm (n. spin. 3 oder 4); B) nach der Plexusbildung den n. brachialis longus inferior oder den n. br. l. superior, und zwar von diesen entweder den ganzen Nerv oder aber nur einen der beiden Rami, in die sich jeder von ihnen teilt (Ramus profundus oder Ram. superficialis). Die zu entfernenden Nervenabschnitte wurden dabei möglichst in ganzer Länge extrahiert. Das Ergebnis war folgendes: An den Amputationsflächen, auf der Operationsseite, wo die partielle Nervenresektion ausgeführt worden war, ebenso wie auf der Normalseite, setzt der Regenerationsprozeß normal ein und liefert ein voll *ausdifferenziertes, typisches Endgebilde ohne Formdefekte*; das besagt aber, es ist für die *Formqualität* des Regenerates vollständig gleichgültig, ob alle Nerven oder nur ein Teil bei seiner Ausbildung zugegen sind, und ebenso gleichgültig ist es, welches dieser Teil ist. Nach solchen Befunden erscheint ein *spezifischer determinierender* Einfluß des Nervensystems auf die Regeneration wohl recht unwahrscheinlich.

Aber ein charakteristisches Vorkommnis in diesen Versuchen scheint uns die Richtung zu weisen, in der wir weitere Aufschlüsse über die Art der Regenerationsbeeinflussung durch die Nerven erwarten dürfen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß zwar nicht die Qualität, wohl aber die *Geschwindigkeit* des Regenerationsablaufes durch partielle Nervenausschaltung beeinträchtigt wurde; nicht etwa, daß die Regeneration auf der Operationsseite später eingesetzt hätte als auf der Kontrollseite, sondern sie kommt auf beiden Seiten gleich in Fluß, nur schreitet sie auf der Seite, auf der ein Teil der Nerven fehlt, *langsamer* fort als auf der Normalseite. Die Nervenvirkung zeigt sich hier nicht als differentieller, sondern als mehr allgemein diffuser Einfluß, der nicht die Qualität, sondern eher die *Intensität* des Regenerationsprozesses beherrscht. Mit dieser Feststellung ist nun das Problem schon sehr eingeeengt. Erst weitere Versuche, von denen einige schon im Gange sind, werden genauere Aufklärungen liefern können. Ich habe solche Versuche aber bereits in einer bestimmten Erwartung, die mir durch meine bisherigen Ergebnisse gerechtfertigt erschien, unternommen: Ausgehend von der wohl im großen und ganzen zutreffenden Ansicht, daß die differentielle Tätigkeit des Nervensystems vom spinalen, die mehr diffuse aber vom autonomen System geleistet wird, wurde ich ganz natürlich zu der Vermutung geführt, daß auch die Intensität des Regenerationsprozesses bestimmende, also diffuse Einflußnahme der Nerven dem *autonomen* System zugeschrieben werden müsse. Diese Vermutung steht in keinem Widerspruch mit den älteren Versuchen. Wo das Rückenmark mit einem größeren Stück seiner Umgebung entfernt worden und die Regeneration

der Extremität dann ausgeblieben war, hatte man dieses Ergebnis dem Wegfall der Spinalganglien zugeschrieben; nun, es ist ja richtig, daß die Spinalganglien fehlten, aber es fehlten dann ja auch, und daran hat niemand bisher gedacht, die Rami communicantes, in welchen die sympathischen Fasern den peripheren Nerven zugeführt werden. Nicht in der Ausschaltung der Spinalganglien also, wie Walter meinte, sondern in dem Wegfall des größten Teils der *sympathischen* Innervation scheint mir der Hauptgrund für die Regenerationsbehinderung zu liegen.

Hatten nun die Versuche gezeigt, daß die Nervenvirkung keine determinierend formative sein kann, so war der Weg für weitere Regenerationsexperimente frei; eine der Möglichkeiten einer spezifischen Einflußnahme des Körpers auf das Regenerat war ja nun ausgeschlossen. Inzwischen hatte ich Versuche begonnen, welche entscheiden sollten, ob und inwieweit überhaupt ein Einfluß des „Ganzen“ auf die Regeneration bestünde. Versuche von Kurz, welcher Stücke der Extremität unter die Rückenhaut verpflanzt hatte und sie dort (von einigen Atypien abgesehen) im allgemeinen jenes Gebilde regenerieren sah, welches sie auch am normalen Standort regeneriert hätten, sprachen für ein kräftiges Sichdurchsetzen der ursprünglichen Eigenqualität des regenerierenden Stückes; doch war, da der Teil in ziemlich *indifferenter* Umgebung regenerierte, die Möglichkeit noch nicht ausgeschlossen, daß eine Umgebung, von welcher man einen kräftigen, von der normalen Gestaltung des zur Regeneration kommenden Stückes abweichenden, jedoch mit ihr nahe verwandten Differenzierungseinfluß erwarten durfte, durch diesen Einfluß eine Umstimmung des Regenerates aus der herkunftsgemäßen in die ortsgemäße Entwicklungsrichtung würde bewirken können. Um so eher konnte man an derartiges denken, als von Peebles eine ortsgemäße Umstimmung für die Embryonalentwicklung des Hühnchens bei Vertauschung von Vorder- und Hinterextremitätenanlage nach allerdings recht unklaren Versuchsergebnissen behauptet worden war. Bei den Urodelen sind nun Vorder- und Hinterextremität noch sehr wenig voneinander verschieden, ihre Vertauschung müßte also, wenn eine Umstimmung überhaupt möglich wäre, sie noch viel deutlicher zeigen.

Diese Überlegung veranlaßte mich, an Salamanderlarven Transplantationen der *ganzen* ausgebildeten Extremitäten zu versuchen und dadurch Vorder- und Hinterextremität gegeneinander auszutauschen. Es wurde die eine Extremität hart am Körper amputiert und in toto knapp neben die andere der gleichen Seite oder an deren Stelle versetzt. Der Transplantationserfolg war überraschend günstig; die Transplantate heilten an der neuen Stelle tadellos ein, wurden von der Unterlage aus neu mit Nerven versorgt und nahmen bald sogar ihre volle Funktion wieder auf. Es steht dann ein Arm am Becken oder ein Bein

an der Schulter, als ob sie niemals anderswo gestanden wären. An solchen Transplantaten habe ich nun die verschiedenartigsten Amputationen ausgeführt, um ihre Regeneration in Hinsicht auf eine etwaige ortsgemäße Umstimmbarkeit zu untersuchen. Da ergab sich nun als ganz allgemeines Resultat, daß von einer Beeinflussung durch den Standort keine Spur zu merken war. Der Stumpf eines Armes regenerierte auch an der Stelle des Beines eine vierfingrige Hand und vom Stumpf des Beines aus bildete sich, obwohl es an der Schulter stand, ein fünfzehiger Fuß. Ja, nicht nur bezüglich seiner allgemeinen Qualität zeigte sich das Regenerat vom neuen Standort unbeeinflusst, sondern auch bezüglich aller Einzelheiten von Orientierung und Größe. Stellung und Richtung des Regenerates erwies sich von nichts weiter abhängig als von der Richtung, die das Transplantat vor der Amputation eingenommen hatte, d. h. also von der Orientierung der Schnittfläche, ohne Rücksicht auf die Orientierung zum Körper. War die Extremität irgendwie gegen die normale Orientierung verdreht, implantiert worden, so befand sich das nach ihrer Amputation entstehende Regenerat in derselben Verdrehung. Auch die Größenverhältnisse des Regenerates nach seiner Fertigstellung waren dieselben wie vor der Amputation und es hatte in keiner Weise irgendwelche Angleichung an die Verhältnisse des Standortes stattgefunden. Somit erwies sich die Regeneration in diesem Falle als reine Selbstdifferenzierung des Organrestes, sowohl was Qualität, als was Größe und Richtung anlangt. Von einer Plastizität gegenüber den Erfordernissen des Gesamtorganismus ist keine Spur zu finden; wir haben es mit einem festgelegten Mechanismus zu tun, der nur unter den normalen Bedingungen noch Zweckmäßiges liefert.

In gewissen Fällen ist eine Störung des Regenerationsprozesses eingetreten: Wenn ich nämlich die Ortsextremität und das knapp neben ihr stehende Transplantat gleichzeitig zur Regeneration kommen ließ, so bildeten sich häufig an der einen Hypotypien aus, und zwar um so leichter, je näher die beiden beisammen standen. Diese Hypotypien zeigen sich zwar in der Endgestalt, sie sind aber keineswegs auf formumbildende Einflüsse, sondern auf die allgemeine Entwicklungsstörung des einen Komponenten durch die Nachbarschaft des anderen zurückzuführen, es handelt sich um *Defektentwicklung*, nicht etwa um Entwicklung in Richtung eines anderen Typus. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei der Regeneration an zwei äußerlich zur Verschmelzung gebrachten Extremitäten, doch kann ich hier nicht näher darauf eingehen; es zeigt sich im allgemeinen wieder das Erhaltenbleiben der Eigenqualität der verschmolzenen Komponenten, allerdings unter beträchtlicher gegenseitiger Behinderung.

Immer wieder ergibt sich, daß der „Körper“ auf die Qualität und Querschnittsorientierung (*Gräper*) des Regenerates keinen Einfluß zu üben

vermag, daß aus einem Armstumpf immer nur ein Arm und aus einem Beinastumpf immer nur ein Bein, und alle immer nur in der Orientierung, wie sie einzig und allein durch den Stumpf charakterisiert ist, hervorgehen können. Nun aber war noch die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß der Körper vielleicht imstande wäre, einen Einfluß auf die Ausbildung in Richtung der Extremitätenachse auszuüben in dem Sinne, daß er beliebige Bruchstücke der Extremität dazu veranlassen könnte, so zu regenerieren, daß als Endgebilde wieder eine ganze Extremität mit allen derselben zukommenden Gliedern und Gelenken erscheint. Doch selbst ein derartiger Einfluß besteht nicht, wie sich durch folgende Versuche erweisen ließ: An Vollmolchen von *Triton cristatus* wurde der Unterarm nach Amputation der Hand enthäutet und dann vom Oberarm im Ellbogen amputiert; hernach wurde der ganze Oberarm aus seiner Haut ausgelöst und nach Exartikulation im Schultergelenk vollständig extirpiert. An Stelle des entfernten Oberarmes wurde nun der enthäutete Unterarm in die leere Hauthülle eingeschoben, so daß das Ellenbogengelenk des Unterarms in die Schulterpfanne zu liegen kam und das Handgelenk (bezüglich des Körpers) in der Höhe lag, in der sich früher der Ellbogen befunden hatte; in dieser Höhe befand sich also auch die freie Schnittfläche, welche durch Amputation der Hand entstanden war. Man konnte nun gespannt sein, was vom dieser Schnittfläche aus entstehen würde, so war die Frage, der an Stelle des Oberarmes dem Körper eingegliederte Stumpf dasselbe leisten können, was der Oberarm selbst dort geleistet hätte, wird er unter irgendwelchem Einfluß vom Körper her imstande sein, an seiner distalen Schnittfläche einen neuen Unterarm und ein neues Ellbogengelenk zu bilden, jene Teile also, welche in dem morphologischen „Ganzen“ in die betreffende Höhe (vom Körper aus) hingehören? Nun, das Transplantat vermochte das nicht: Es bildete an seiner distalen Schnittfläche nur eine neue Hand und ein neues Handgelenk aus, wie es sie auch an seinem natürlichen Standort geliefert hätte, und keinerlei Regulation der Extremität zur normalen Gliederzahl durch etwaige Ausbildung eines den fehlenden Ellbogen ersetzenden Gelenkes hatte sich ausgewirkt; die fertige Extremität, die hier nach Ablauf der Regenerationsvorgänge an der Schulter steht, zeigt dauernd nur zwei Abschnitte, dazwischen ein Gelenk, das alte Handgelenk. Die Querschnittsorientierung der regenerierten Hand entspricht auch hier wieder der Orientierung in der der transplantierte Unterarm eingeheilt wurde; ist der Unterarm etwa um 180° um seine Achse gedreht eingesetzt worden, so sieht die regenerierte Hand mit ihrer Dorsalseite gegen den Boden.

Eine Zusammenfassung der im Vorigen beschriebenen Versuchsergebnisse lehrt mithin, daß die Regeneration ein nicht durch den Gesamtorganismus, sondern durch den Organrest in

allen drei Achsenrichtungen des regenerierenden Organes festgelegt und durch den Körper auch weiter nicht in seiner Qualität beeinflussbarer Differenzierungsvorgang ist, so daß wir am besten von „Selbstdifferenzierung des Organrestes“ sprechen können. Ähnliches haben die Versuche von Braus für die erste Entwicklung (wenigstens für deren spätere Stadien) gelehrt.

Bei dieser Feststellung haben wir in erster Linie die Anlage der typischen Form im Auge, die Leistungen der funktionellen Anpassung wären noch gesondert zu betrachten; sie sind aber nicht bedeutend, Gelenke vermögen sie nicht zu bilden. Es ist ja auch infolge der sonderbaren Funktionsweise der Transplantate, die ich an anderem Ort eingehend besprochen habe, der funktionellen Anpassung an die Bedürfnisse des Gesamtorganismus unter atypischen Bedingungen ihr Spiel ganz unmöglich gemacht. Die Transplantate funktionieren nämlich unter allen Umständen *organrichtig*, d. h. der angelegten Gestalt entsprechend, und nicht *körperrichtig*; so kann die Funktion immer nur zu einer in sich richtigen *Ausgestaltung* des Veranlagten, nicht aber zu einer *Anpassung* im Sinne einer körperrichtigen Umgestaltung die Hand reichen. Nur die Stärke und Größe der regenerierten Teile zeigt sich in späteren Stadien von der funktionellen Inanspruchnahme einigermaßen abhängig.

Es schien nach alledem die alleinige Determination des Regenerates durch die Schnittfläche, aus der es entsteht, erwiesen; die Orientierung der Schnittfläche bestimmte ja die Querschnittsorientierung des Regenerates, ihre Qualität die Qualität des Neugebildes. Und so schienen die Befunde in das Fahrwasser jener Forschungsrichtungen zu leiten, welche die Regeneration als das korrelative Weiterwachsen der angeschnittenen Gewebe über die Schnittfläche hinaus bis zur Wiederherstellung des alten Formgleichgewichts auffaßten, eine Ansicht, wie sie vor allem *Präbraz* vertreten hatte. Tatsache war ja, daß die einzelnen Gewebe des Stumpfes kontinuierlich in die gleichartigen des Regenerates übergingen, und was war natürlicher, als darin den Ausdruck dafür zu vermuten, daß auch genetisch eines aus dem andern hervorgegangen wäre. Dazu kamen noch die zahlreichen Erfahrungen, die man bei der Gewebsregeneration gesammelt hatte und welche immer wieder lehrten, daß ein Gewebe nur dann vollständig wiederhergestellt werden könnte, wenn ein bestimmter Rest davon übrig geblieben war. Im besten Falle erkannte man die Möglichkeit an, daß bei Fehlen einer bestimmten Gewebsart eine andere dafür eintreten könnte, und Beispiele für solche „Metaplasien“ lagen auch vor und wurden zu den Kuriositäten gezählt. Immer aber, auch in diesen Ausnahmefällen, zog sich als roter Faden durch die Regenerationslehre die Annahme, daß das Regenerat Gewebe für Gewebe aufgebaut wird; es ist hervorzuheben: tatsächlich aus den einzelnen Geweben und von ihnen her aufgebaut wird, nicht bloß etwa sich am Ende aus

solchen, die auch im Stumpf vorhanden sind, zusammengesetzt erweist.

Mancherlei Gründe hatten mich nun zu der Ansicht geführt, daß die bisherige Annahme von der Entstehungsweise der Organregenerate durch Gewebsregeneration nicht zutreffend sein könne. Man hatte bereits an einigen niederen Tieren (*Hydrozoen*, *Nemertinen*, *Aszidien*) die Erfahrung gemacht, daß die Regenerate von gewissen scheinbar geweblich indifferenten, embryonalen Zellreservaten ihren Ausgang nehmen; eine ganz analoge Entstehungsweise glaubte ich nun bei der Organregeneration ganz allgemein, auch bei Wirbeltieren, annehmen zu müssen. Allein dann mußte ich aufdecken, wie sich eine solche Auffassung mit der scheinbar widersprechenden von der Determination des Regenerates durch die Gewebe der Schnittfläche in Einklang bringen ließe. Nur Tatsachen sollten sprechen.

Ich wählte zur Untersuchung zunächst die Skelettbildung. Denn erstens war beim Knochen das Dogma: „neuer Knochen nur aus altem“ eine der beliebtesten Grundlagen für die Auffassung der Organregeneration als Summe der Gewebsregenerationen und zweitens waren die früheren Untersucher der Knochenregeneration im Zusammenhang mit der Extremitätenregeneration zu Befunden gelangt, welche einander scharf widersprechen schienen. Das kam daher: Es war erwiesen, daß ein Knochen, von dem ein Stück entfernt worden war, dieses fehlende Stück ersetzen konnte, sobald nur irgendein Rest verletzten Knochens zurückgeblieben war; es hatte sich weiter gezeigt, daß ein vorsichtig und gründlich aus den Gelenken exartikulierter und im Ganzen entfernter Knochen nicht neu gebildet wird. Folglich wurde geschlossen, Knochen könne nur aus Resten seiner selbst erzeugt werden; demnach müsse auch der Knochen im Regenerat vom alten Knochen des Stumpfes abstammen. Den Autoren wurden die Bemühungen, diese Verhältnisse im histologischen Bild verwirklicht zu sehen, recht sauer, sie konnten und konnten nicht dazu gelangen, daß sich ihnen einmal schön deutlich und eindeutig die vermuteten Abstammungsverhältnisse im Bilde zeigten; bald schien der neue Knochen vom alten Knorpel oder Knochen her geliefert, bald wieder mehr selbständig entstanden und man meinte doch, nur die Alternative, entweder das eine oder das andere, könnte richtig sein.

Hier mußte das Experiment helfen. War wirklich die Ausbildung des neuen Skeletts von den vorhandenen alten Skelettelementen abhängig, so lag die Frage nahe, was für Regenerat sich dann von einer Schnittfläche her ausbilden müßte, in der sich *ortsfremder* Knochen inmitten der ortseigenen Gewebe befände. Zur Prüfung der Sachlage transplantierte ich an die Stelle eines Humerus den Femurknochen in den Oberarm und wartete seine Einheilung ab; dann amputierte ich innerhalb des Oberarms. Der Oberarm ent-

hielt nun in seiner Schnittfläche alle sonst bei der Regeneration eines *Armes* anwesenden Gewebe, nur der Knochen war jetzt kein Arm-, sondern ein *Beinknochen*. Wäre nun dieser wirklich das Differenzierungszentrum für die neuen Skeletteile des Regenerates, so müßte sich in dem im übrigen ganz ordentlich als Unterarm und Hand ausgebildeten Regenerat statt des Armskeletts das Skelett der Hinterextremität ausgebildet haben. Es war schon von vorneherein nicht abzusehen, welche Konflikte sich da innen zwischen der Regenerationstendenz der übrigen Gewebe, welche eine vierfingerige Hand zu bilden sich bestrebten, und des Beinknochens darin, der ein fünfstrahliges Fußskelett herzustellen hatte, ergeben würden. Nun, es gab gar keine Unordnung im Resultat: denn dieses war ein normaler Unterarm mit Radius und Ulna und eine Hand mit dem typischen, ihr zukommenden vierstrahligen Handskelett. Ganz analog war das Ergebnis am Bein, in das ich einen Humerus an Stelle des Femur transplantiert hatte: Aus der Schnittfläche im Oberschenkel, welche mitten in lauter Beingewebe einen Armknochen enthielt, entwickelte sich ein ganz normaler Fuß mit seinem typischen fünfstrahligen Skelett.

Wie stand es nun hier mit der Herkunft des neuen Knochens? War er nicht vielleicht doch ein Abkömmling des in der Schnittfläche anwesenden alten und hatte nicht vielleicht die Ausbildung der übrigen Gewebe die fremden Knochenelemente in die ortsgemäße Anordnung zu drängen vermocht, so daß unter ihrem Zwange aus dem Armknochen das Skelett eines Fußes und aus dem Beinknochen das Skelett einer Hand entstehen konnte? Dann wäre bloß daß Material von den alten Teilen geliefert, die Differenzierungsrichtung desselben aber Sache der neuen Umgebung. Viele werden fürs erste eine derartige Umstimmung für ganz möglich halten; hat ja doch erst vor kurzem Taube seine Ergebnisse bei Regeneration mit ortsfremder Haut für einen klaren Beweis der Möglichkeit solcher Umstimmungen angesehen. Ich hielt nun nicht nur Taubes, sondern auch meine eigenen Ergebnisse einer anderen Erklärung zugänglich und verfolgte die Spur weiter.

Wie nämlich, wenn der neue Knochen mit dem alten genetisch überhaupt nichts zu tun hätte? Das Experiment gab wieder eindeutig Antwort, und was es kund tat, ist darum nicht weniger seltsam, weil ich es erwartet hatte. Ich exartikulierte den Humerus sorgfältig und entfernte ihn vollständig mit seinem Periost. Ein so entfernter Knochen wird nicht wiederersetzt, das hatte schon Wendelstadt gezeigt und ich konnte es nur bestätigen. Nun war der Oberarm knochenlos. Jetzt amputierte ich oberhalb vom Ellbogen, die Schnittfläche war also auch knochenlos. Das Regenerat, das von dieser Schnittfläche entstand, sollte nach der alten Anschauung demnach ebenfalls knochenlos sein. Das Regenerat war aber

nicht knochenlos, vielmehr besaß es *alle Skeletteile*, die ihm normalerweise zukämen.

Eines konnte man jetzt noch einwenden, um die frühere Ansicht zu halten: die Elemente, die zum Aufbau des neuen Knochens dienten, wären etwa von den Schulterknochen her durch den knochenfreien Oberarm durch zum Regenerat hingewandert. Also tat ich noch ein Weiteres: ich entfernte nicht nur den Humerus, sondern auch alle Schulterknochen und -knorpel und amputierte dann wieder im knochenlosen Oberarm. Jetzt war im ganzen Gebiet der Extremität gar kein alter Knochen oder Knorpel mehr vorhanden. Und wieder enthielt das von der Schnittfläche aus entstehende Regenerat alle seine Knochen, Radius, Ulna und die Handknochen. Somit: der Knochen eines Regenerates bildet sich in diesem aus, ohne Rücksicht auf die alten Teile; er stammt auch nicht von altem Knochengewebe ab, sondern nimmt seinen Ursprung aus dem gewöhnlich indifferenten Regenerationsblastem. Damit fällt jede Annahme einer Umstimmung in den zuvor beschriebenen Versuchen weg, denn wenn der Knochen des Regenerates überhaupt unabhängig von der Anwesenheit von Skeletteilen im Stumpf entsteht, so ist er um so eher unabhängig davon, ob diese ortsfremd sind oder nicht, er hat mit ihnen genetisch weiter nichts zu tun und nimmt erst später seine Beziehungen zu den alten Teilen auf.

Die Ergebnisse des letzten Versuches gewähren uns bedeutsamen Einblick in das Regenerationsgeschehen, doch würde es das Ausmaß dieses Vortrags weit überschreiten, die Folgerungen, die sich dabei aufdrängen, alle anzuführen; nur das Wesentlichste sei hervorgehoben. Sie erkennen im Röntgenbild, welches 1 Jahr nach der Operation aufgenommen wurde, daß die aus den alten Extremitätenteilen entfernten Knochen, das ist Humerus und Schultergürtel, auch nicht in Spuren neugebildet werden konnten; Knochen finden sich erst wieder in den neu entstandenen Teilen, d. i. von der alten Amputationsfläche distalwärts. Es ist also der knochenlose Extremitätenstumpf nicht imstande gewesen, seine verlorenen Knochen zu ersetzen, wohl aber hat er die Fähigkeit besessen, ein Knochen enthaltendes Organ aus sich hervorgehen zu lassen. Damit sehen wir aber, daß es zwei verschiedenartige Prozesse sind, wenn das eine Mal Knochen allein regeneriert wird, oder wenn ein andermal Knochen sich in einem als Ganzes regenerierenden Organ ausbildet. Das eine kann unmöglich sein, wo das andere ohne weiteres eintritt. Wir werden so zu einer Scheidung zwischen „Gewebsregeneration“ und „Organregeneration“ geführt und können an Hand dieser Unterscheidung die Verhältnisse folgendermaßen darstellen:

1. Wird ein Gewebe teilweise entfernt, so erfolgt der Ersatz des verloren gegangenen Gewebsteiles durch Gewebsregeneration, entweder vom zurückgebliebenen Gewebsrest oder bisweilen

(Metaplasie) im Anschluß an diesen von umwandlungsfähigen Nachbargeweben. Ein vollständig aus dem Verbanne entferntes Gewebe kann im allgemeinen dann nicht mehr ersetzt werden. Beispiel: Der nur teilweise entfernte Knochen wird durch Gewebsregeneration wieder vervollständigt, der ohne Verletzung der Nachbarknochen nach sorgsamer Exartikulation gänzlich entfernte Knochen dagegen kann nicht mehr wiedergebildet werden.

2. Wird ein *Organ* teilweise entfernt, so erfolgt der Ersatz des verlorengegangenen Organtheiles durch *Organregeneration* vom zurückgebliebenen Organrest aus. Diese Organregeneration ist nicht etwa die Summe der Gewebsregenerationen des Stumpfes, sondern gegenüber den Gewebsregenerationen ein Vorgang nächsthöherer Größenordnung. Es treten nicht Gewebsregenerate zur Bildung eines Organes zusammen, sondern es setzt (abgesehen von den geweblichen Wundheilungsvorgängen) gleich die Anlage des ganzen Organs aus einheitlichem Material, das dem Organrest entstammt, ein, in dieser Organanlage differenzieren sich dann die einzelnen dem Organ zugehörigen Gewebe aus und finden erst später Anschluß an die gleichartigen Gewebe des Stumpfes; sind manche der letzteren experimentell entfernt, so bleibt das betreffende Gewebe des Regenerates dauernd isoliert. Beispiel: Die Extremität, als Organ betrachtet, vermag nach Amputation von dem Organrest, dem Stumpf, aus, den fehlenden Organteil zu ersetzen und dieser Organteil enthält dann alle ihm zugehörigen Gewebe; da diese nicht aus den Geweben des Stumpfes unmittelbar jedes aus dem gleichartigen hervorzugehen brauchen, kann auch von einer defekten, nicht alle ihr normalerweise zukommenden Gewebe enthaltenden Schnittfläche aus ein vollkommener Organbestand regenerieren, wie wir es z. B. bei der Regeneration aus knochenlosem Stumpf kennen gelernt haben.

Gewebsregeneration und Organregeneration können auch kombiniert auftreten: Wenn ich z. B. den Humerus nicht ganz entferne, sondern etwa seinen Kopf im Oberarm drin lasse, dann aber im Ellbogen, also mit knochenfreier Schnittfläche amputiere, dann wird nach Ablauf der Regenerationsprozesse die Extremität wieder alle ihr zukommenden Skeletteile enthalten; und zwar wird der Humerusknochen sich von seinem Rest her selbst ergänzt haben (Gewebsregeneration), von der Schnittfläche an distalwärts werden sich aber die im Organregenerat ausdifferenzierten Knochen (Organregeneration) vorfinden.

Eine Einschränkung allerdings muß hier anerkannt werden: Was hier über die Organregeneration festgestellt werden konnte, gilt für das *Formbildungsgeschehen* dabei, nicht aber scheint es zuzutreffen für die Wiederherstellung der beiden großen Systeme, welche die chemischen und Erregungskorrelationen innerhalb des Organismus zu leisten haben, für das Blutgefäß- und für das Nervensystem. Denn soviel wir bis heute

wissen, wachsen sowohl die Blutbahnen (*Schazel*), als auch die Nerven in das morphologische Neubilde von der Unterlage, vom Stamm her, ein. Untersuchungen über die Nervenversorgung des Regenerates habe ich übrigens noch im Gang und ich will den Ergebnissen nicht vorgreifen.

Mannigfache Widersprüche lösen sich nun durch die Bekanntschaft mit dem Prozeß der Organregeneration; nur in einem Punkt mag manchem vielleicht eine gewisse Unklarheit zurückzubleiben scheinen: Wie kommt es, wird man fragen, daß das Organregenerat, wenn es doch mit den Geweben der Schnittfläche ursprünglich nichts zu tun hat, dennoch, wie ja die zuvor beschriebenen Versuche gelehrt haben, sich in seinen Orientierungsverhältnissen sklavisch an die Orientierungsverhältnisse des Stumpfes gebunden zeigt? Die genauere Ausführung der Beantwortung dieser sehr gerechtfertigten Frage würde uns hier vom Hunderten ins Tausendste führen, nur die allgemeine Richtung, in der die Lösung zu finden ist, kann ich angeben:

1. Es besteht eine Affinität innerhalb der Gewebe derart, daß gleichartige mit gleichartigen unmittelbar zu verwachsen vermögen; es schien nun die Sache so zu liegen, daß die Gewebe des Organregenerates, welche sich in diesem selbst ausbilden, bald Anschluß an die gleichartigen des Stumpfes finden und sich nun im Zusammenhang mit ihnen, vielleicht unter gewissen spezialisierenden Einflüssen von ihnen, weiterentwickeln. Gegen eine derartige Auffassung von einer gewissermaßen „epigenetischen“ Herstellung der Orientierungs- und Lageverhältnisse im Regenerat sprechen aber Beobachtungen, die ich in einer hier nicht näher zu besprechenden Versuchsfolge gesammelt habe: Ich hatte darin den Unterschenkel bis zum Knie längsgespalten und die eine Hälfte, sei es die fibulare oder die tibiale, entfernt; an der Längsschnittfläche traten seitliche Regenerationen auf, die uns hier nicht zu kümmern brauchen. Für uns ist jetzt nur beachtenswert, daß von der Querschnittsstelle am Knie, von der der halbe Unterschenkel entfernt war, die also auch nur den *halben* Querschnitt des ganzen Beines enthielt, sich gewöhnlich ein *ganzer* Unterschenkel und Fuß ausgebildet hat. Von verkleinerter Schnittfläche entstanden Ganzbildungen. Die Ganzbildung kann hier nicht im Anschluß an die entsprechenden Gewebsgebiete des Stumpfes zustande gekommen sein, denn die Schnittfläche enthält nur die Hälfte des normalen Querschnittes. Wir werden also wohl zu einer anderen Erklärung genötigt und das ist:

2. Es übt der Organrest auf die Differenzierungsvorgänge im Blastem einen räumlich ordnenden Einfluß aus, es entwickelt sich das Organregenerat, um einen glücklichen, jüngst von *Gurwitsch* von der Physik auf die Biologie erweiterten Ausdruck zu gebrauchen, im Differenzierungsfeld des Organrestes und erfährt so die typische Ausbildung zur Form des *Organganzen*. Dabei ist diese Differenzierung *ausschließlich* von dem

„Feld“ des *Organrestes*, aus dem das Regenerat hervorgeht, und weder von dem übrigen Organismus als etwaigem „Formganzen“ höherer Größenordnung, noch auch von den Resten des Gewebes als Teilen und Einheiten niedrigerer Größenordnung primär abhängig.

Es ist mithin Plastizität bei der Herstellung der Organregenerate zu finden, doch nur soweit, als sie sich innerhalb ihrer eigenen Größenordnung, innerhalb des Organes selbst, auswirken

kann; das lehren ja die *Ganzregenerate* aus Teilen des normalen Querschnittes. Eine Plastizität gegenüber den Bedürfnissen des Gesamtkörpers aber, wie ich sie selbst wenigstens im beschränkten Maß für möglich gehalten hatte, ließ sich bisher nicht einmal in Spuren feststellen.

Soweit die im Vorigen besprochenen Versuchsergebnisse bereits veröffentlicht sind, findet man sie in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften von 1922 mitgeteilt.

Das Vehnemoor in Oldenburg, eine sterbende Naturlandschaft.

Von B. Brandt, Berlin.

Die Urbarmachung der großen nordwestdeutschen Moore hat im letzten Jahrzehnt überraschende Fortschritte gemacht und große Landstriche derart umgestaltet, daß sie kaum wieder zu erkennen sind. Noch ein bis zwei Jahrzehnte gleicher Kulturarbeit, und die Moore werden der Vergangenheit angehören, um so mehr, als gegenwärtig nicht mehr der einzelne Kolonist mit dem Spaten, sondern das Großunternehmertum mit seinen gewaltigen Mitteln ihnen Boden abringt.

Ein Gang durch einen größeren Moorbezirk, in diesem Augenblicke unternommen, ist von besonderem Interesse, weil er ein Stück von der Vernichtung bedrohter Natur noch einmal in letzter Stunde vor Augen führt, weil er den Menschen in seinem Kampfe gegen das Moor zeigt und in den dem Moore geschlagenen Wunden tiefe Einblicke in Bau und Entwicklungsgeschichte gewährt. Wir wählen als Ziel eines solchen Ganges den östlichen Ausläufer des großen saterländischen Moorgebietes, das *Vehnemoor*, das wir von der mittleren Huute zum Zwischenahner Meere queren wollen¹⁾.

Von der sandigen, windkanterbesäten, heidebedeckten Höhe des Korsorberges, die wie ein Vorgebirge des östlichen Geestrandes im Moor vorspringt, dehnt sich der Blick über eine weite, bräunlich schimmernde Ebene aus, über deren Horizont sich leichte, bewaldete Bodenwellen gerade eben erheben, im Norden der Wildenloh und die Höhen von Edeweicht und Zwischenahn, im Süden die Geesthügel zwischen Friesoyte und Garrel. In dieser Umrahmung erweist sich das Moor als Ausfüllung einer Bodenhohlform, die — sie sei ein Ergebnis bloßer unregelmäßiger Inlandeisaufschüttung oder Teil eines der großen Urstromtäler — unter dem feuchten, von Seewinden beherrschten Küstenklima mit Wasser erfüllt, bei ihrer geringen Seehöhe mangelhaft entwässert und bei ihrer Seichtheit leicht der Verlandung anheimfallen mußte.

Kleinere Geestinseln, die Mosleshöhe, die Insel von Jeddelloh u. a. verraten einen verhältnismäßig bewegten Untergrund und verursachen, indem sie die Gesamthohlform in einzelne für sich vermoorende Becken gliedern, einen vom

Sohlenrelief abweichenden, ihm vielfach widersprechenden Oberflächenverlauf. Torfstiche und frische Entwässerungsgräben enthüllen bis auf die Sohle herniedergehende Querschnitte des Moores. Hier liegen die Torfbildungen Schicht für Schicht wie die Blätter eines Folianten übereinander und künden ein Stück Erdgeschichte nicht nur des Moores, sondern des ganzen nordwestlichen Deutschlands überhaupt, und zwar um so sicherer, als ihre Angaben in den Mooren der



Nördliches Vehnemoor.

engeren und weiteren Nachbarschaft verglichen, nachgeprüft und ergänzt werden können. Wo die tiefsten Lagen des Torfes freiliegen, entdecken wir eine schwärzliche, stumpfglänzende, völlig gleichmäßige, von groben Beimengungen freie, knetbare Masse, die mit eigentlichem Torfe nichts zu tun hat — das Erzeugnis der die Vermoorung einleitenden Faulschlamm-Bildung. Darüber lagert fetter, vom Spaten in glänzenden Harnischen angeschnittener Torf, in dessen noch ziemlich gleichmäßiger Masse Trümmer rohrartiger Stengel, Bruchstücke von Wurzeln und die zopfartigen Büschel flutender Algenschleier zu erkennen sind — Zeugen der Grünlandvermooring. Dann folgen die helleren, lockeren Massen des Hochmoortorfes.

Während die unteren Ablagerungen sich von unten nach oben nur unmerklich ändern, zeigt der Hochmoortorf ganz abgesehen von dem bekannten, auch hier nachweisbaren Grenzhorizonte, eine deutliche, oft zu förmlicher Schichtung gesteigerte Streifung und Wechsellagerung hellerer und dunklerer Lagen. Jede dieser Unterbrechungen des Zusammenhanges zeigt eine Änderung

¹⁾ Auf Grund einer Exkursion unter Leitung von Prof. Behrmann.

des moorbildenden Vorganges an, deren Ursache keineswegs immer eine grundlegende Änderung des Klimas zu sein braucht, wie sie beim Grenztorf angenommen wird. Auch die Schwankungen der Niederschläge innerhalb geringer Zeiträume und die durch den Wechsel nasser und trockener Jahre bedingten müssen sich hier widerspiegeln. Und da die Vermoorung einer Bodenhohlform nicht nur von der Bewässerung, sondern auch von der Entwässerung abhängig ist, so fragt sich, ob nicht in der Schichtung auch Schwankungen der Höhenlage zum Ausdruck kommen können, die einen gesteigerten bzw. verlangsamten Abfluß zur Folge haben. Mehren sich doch die Anzeichen, daß das Vordringen und der Rückzug des Inlandeises mit isostatischen Schwankungen des vereisten Geländes und seines Vorlandes in Nordeuropa nicht minder einhergegangen sind als in den Alpen, ganz abgesehen von etwaigen tektonischen Lageveränderungen des Küstengebietes.

In Aufschlüssen am Saume der Geestinseln lagert der Torf, gemengt mit z. T. noch aufrecht stehenden Kiefernstümpfen, Geschiebesanden auf, in denen ein lockeres Ortsteinband eine obere gebleichte von einer unteren gelblich gefärbten Lage trennt. Hier hat das Moor, über seine Hohlform hinausgreifend, Hochflächenwald zum Absterben gebracht.

Mit der Entfernung vom Rande des Moores verschwinden die Torfstiche. Das Grabennetz nimmt an Dichte ab, die einzelnen Gräben werden schmäler und seichter, ohne indessen ganz zu verschwinden. In der Ferne zeigt eine Reihe neuer roter Ziegeldächer die Lage des Hunte-Ems-Kanals an. Angesichts solcher bedeutender Eingriffe des Menschen, die mehr als bloße Anritzungen vorstellen und weit über ihren Bereich hinaus den Grundwasserspiegel senken und ein Nachsacken des Moores bewirken, verzichten wir notgedrungen auf die in wenig berührten Mooren so anziehende Feststellung der uhrglasförmigen Oberflächenwölbung. Unsere Karte zeigt zwar noch ein Ansteigen vom Rande zur Mitte von 10–11 auf 14 m; aber sie ist durch die rasch fortschreitende Kulturarbeit längst überholt. Auch schreiten wir ziemlich trockenen Fußes über das Moor und die Bulten, welche in eigenartig parallelstreifiger, der Untersuchung noch dringend bedürftiger Anordnung sich reihen, werden nicht mehr durch verdächtige Wasserlachen getrennt — wie beispielsweise in den westrussischen Mooren —, sondern durch kahle, braune Moor-erdeflecke, in denen der Fuß zwar ein-, aber nicht versinkt. In der Pflanzenbedeckung der Bulten herrscht Heidekraut vor, *Erica tetralix*, nächstdem die *Calluna* der Lüneburger Heide; dazwischen mengen sich die dichten rasenartigen, immergrünen Sträucher der nordischen Rauschbeere (*Empetrum nigrum*). Beim Zurückdrängen der Heidebüsche, deren Zweige oft mit denen bescheidener Moosbeerenpflänzchen (*Vaccinium oxycoccus*) verfilzt erscheinen, zeigen sich silbergraue *Cladonia*-flechten und spärliche *Hypnum*-

moose. Eigentliche Torfmoose, Sphagneen, aber sucht man vergeblich. An freien Stellen, namentlich an den Böschungen frischer Gräben, haben sich die bleichen, rotbewimperten Rosetten des Sonnentaues (*Drosera*) angesiedelt. Diese Pflanzengemeinschaft kündigt, daß eine Torfbildung nicht mehr stattfindet, daß das Moor tot ist; es fragt sich nur, ob die Vermoorung von selbst durch das Höhenwachstum des Moores zum Stillstand gekommen ist oder durch den Eingriff des Menschen.

Ein bleichgrüner Vegetationsstreifen und eine merkliche Zunahme der Bodenelastizität zeigt den Saum einer der für die Hochmoore so charakteristischen Wasserflächen an, die man hier, nahe der See, als „Meere“ bezeichnet. Dieses Meer, das Bargwischen, entpuppt sich als ein schwärzlicher, von Seerosen bedeckter Wasserspiegel. Ein breiter, völlig unnahbarer Saum flutender Gräser faßt ihn ein, dann folgt, hier und da unterbrochen von Wollgrasbeständen (*Eriophorum*), ein schwammiger Teppich voll Wasser gesogener Sphagnumpolster. Betritt man ihn, so gerät er in schaukelnde Bewegung und erzeugt unter gurgelndem Geräusche Wellen auf dem einen schwachen Steinwurf entfernten offenen Wasser. Stößt man den Stock hinein, so verspürt man keinen Grund, aber auch kein Nachlassen des Widerstandes. Es ist nur der Rand des schwimmenden Moores, den wir betreten haben und den zu überschreiten uns nicht rätlich erscheint. Stumm warnen die mumienhaften Reste einer von Vögeln ausgeweideten Schnucke, die sich mit spitzem Hufe zu weit hineinwagte.

Höchste Einsamkeit herrscht hier. Kein Vogel, kaum ein Insekt zeigt sich. Großartige Einsamkeit beherrscht auch den Fernblick. Eine unübersichtbare bräunliche Fläche, an eine sommergedörnte Steppe erinnernd; doch dazu reines Himmelsblau mit verstreutem Haufengewölk und eine leichte Brise aus West, die das nahe Meer ahnen läßt. In der Ferne vereinzelt, scheinbar aus einer Überschwemmungsfläche aufragende Inseln, die gehobenen Bilder halb unter dem Horizonte befindlicher Baumgruppen.

Ein fernes, dumpfröllendes Geräusch läßt sich vernehmen, nur einmal, dann nicht wieder. Ist es Geschützdonner vom Meppener Truppenübungsplatz oder ist es die vielbesprochene, noch unerklärte Lufterschütterung, die man drüben in den Niederlanden als „Mistpoeffer“ bezeichnet?

Wir verlassen das Bargwischen Meer und wenden uns dem nördlichen Rande des Vehnemoores zu. Bald mehren die Gräben sich wieder, aber sie sind meist wasserlos und von üppig wucherndem Heidekraut verdeckt und oft kaum sichtbar. Mit zunehmender Trockenheit ändert sich die Pflanzendecke. Wir queren fast mannshohe Dickichte des Schotenweiderichs (*Epilobium*), dessen silberglänzende Wollschopfsamen in Mengen abstreifend. So erreichen wir den Hunte-Ems-Kanal, die Etappenlinie der modernen Moorkultur, die einen wesentlich anderen Anblick ge-

währt als die ältere drüben am Ostrande. Dort liegen ihre Anfänge ein halbes Jahrhundert und länger zurück, wie der eine oder andere in Anlehnung an den Landesfürsten geprägte Ortsname — Petersfehn, Friedrichsfehn — lehrt. Dort schob sie sich langsam und schrittweis ins Moor vor; in der Gemarkung der alten wuchsen neue Kolonien empor — Jeddelohe, Jeddeloher Wiesen. Vorposten der Kultur gleichen die einsamen, jungen Moordörfer, die die Siedlungsweise der Geestdörfer wiederholen. Von seinem in Fockwijk errichteten, eichenumschatteten, niedersächsischen oder friesischen Hofe aus bewirtschaftet der Moorbauer sein erkämpftes Land. Hufenweis weicht das Moor dem Acker, wie Felder nehmen die Torfstiche sich aus, die ein einzelner Besitzer mit eigener Kraft ausbeutet, deren Ertrag er mit eigenem Gefährt zur Stadt bringt. **Kulturkraft** entwirft hier der Moorbildnis frischen Nährboden, wie sie ihn vor Jahrhunderten der Waldwildnis entrissen hat. — Und hier? Fluchenden Ungeheuern gleich bewegen sich plumpe Torfbagger langsam über den unberührten Boden. Tiefe Gräben aufreißend, den ausgehobenen Torf zu Soden pressend, diese **mooris** laiger Laufbänder reihenweise zum Trocknen ausbreiten, verwandeln sie die Urlandschaft im Nu in Kulturwüste. Immer sinnreicher ge-

stellt, ersetzt die Maschine zunehmend Menschenkraft, die indessen wegen der weiten Ausdehnung der Betriebe in größeren Massen erforderlich ist. Diese neuen Kulturpioniere entstammen nicht nur den benachbarten Geestdörfern wie einst, sondern auch Stätten, Häfen, Industriegebieten, wo irgend gerade Überfluß an Arbeitskraft ist. Sie sind keine eigentlichen Kolonisten, sondern bloße, rasch wechselnde Gelegenheitsarbeiter, die in großen, leicht abzubrechenden und wieder aufzubauenen Baracken untergebracht, den Baggern von einem Ausbeutungsfelde ins andere folgen. Denn noch ist das Moor mitten im Alter. Inzwischen sind Punkte aufgenommen, nicht Kolonien **gegründet**. Der Besiedlung eilt aber der Verkehr voraus; der Kanal wird erweitert, Stichtungen und **gegründet** worden. Güterwagen und **gegründet** den neuerdings kostbar gewordenen **gegründet** des Land, ja zum Teil, wie **gegründet** Verpackung erweist, in die Häfen **gegründet** der See. So finde hier ein **gegründet** der Urlandschaft statt, wie wir sie bisher **gegründet** soeischen Kolonien kannten. In der **gegründet** in Massen Einzug läßt, eine **gegründet** mit aller ihrer bewundernswürdigen **gegründet** Großartigkeit, aber auch mit aller **gegründet** Heiligkeit.

Besprechungen.

Lebenskunde. Gemeinverständliche Abhandlungen aus dem Gebiete der Wissenschaft vom Leben. Herausgegeben von W. Steppell. Leipzig, E. A. Seemann, 1923.

Unter dem Titel „Lebenskunde“ erscheint im Verlage von E. A. Seemann in Leipzig eine Sammlung von gemeinverständlichen Abhandlungen aus der Wissenschaft vom Leben, dazu bestimmt, den Nichtnaturforscher mit den jüngsten Ergebnissen der Lebenskunde vertraut zu machen. Besonderer Wert wird auf Anschaulichkeit der Darstellung gelegt, welche durch möglichst zahlreiche, sorgfältig ausgewählte Abbildungen unterstützt wird. Das Unternehmen hat sich durch die bisher vorliegenden vier ersten Bändchen in empfehlenswerter Weise eingeführt.

Band 1. Konrad Herber, *Mechanische Sinnesorgane und Gehör*. 71 S. und 9 Tafeln. Preis Gz. 1. Es werden jene Sinnesorgane der Tiere nach Bau und Konstruktion besprochen, welche durch Berührungsreize, durch Flüssigkeitsströme, durch den Schwerkraftreiz und durch Schallwellen erregt werden — ein Gebiet, welches in jüngster Zeit bedeutende Förderung erfahren hat. Der Verfasser, durch eigene Untersuchungen mit dem Gebiete vertraut, gibt eine Einführung, welche sich durch sichere Beherrschung des Stoffes und Klarheit der Darstellung auszeichnet.

Band 2. Hans Hoffmann, *Augen und andere Lichtsinnesorgane* (79 S. Preis Gz. 1.), schließt sich dem vorhergehenden Kapitel würdig an. Der Verfasser trennt die Darstellung der morphologischen Grundlagen von der Betrachtung der physiologischen Leistung und erzielt so schärfere Betonung der Zusammenhänge von den einfachsten Anfängen bis zu den vollkommensten Leistungen. Stets leitete ihn das Streben, nur das Wesentliche und bis jetzt Feststehende herauszuarbei-

ten. Ein interessantes Bildkapitel bezieht sich auf Beziehungen der Lichtsinnesorgane zur Biologie der Tiere.

Band 3. Fred. Hempelmann, *Der Bauplan des Tierkörpers im Zusammenhang mit der Umwelt*. 72 S. und 80 Abb. Preis Gz. 1. Ein interessantes Thema, welches in dem gegebenen Rahmen nur in den allgemeinsten Grundzügen behandelt werden konnte. Es werden die Baupläne der Tiere nach den Achsen- und Symmetrieverhältnissen dargestellt. Die bilateral-symmetrische Form erhält eine eingehendere Darstellung. Hier werden die Fragen der homotomen und heterotomen Segmentierung, der Regionalbildung und besonders der Kopfbildung, erörtert. Von den inneren Organen erhält das Nervensystem einige Berücksichtigung. Das Kapitel: Anpassung des Bauplans an eine besondere Umwelt behandelt das Wasser und die Luft als umgebendes Medium. Der Einfluß der Umwelt auf einzelne Organe wird kurz an einigen Beispielen erörtert.

Band 4. O. Vogt, *Die Entwicklung der Körperform des Menschen bis zur Geburt*. 67 S. und 42 Abb. Preis Gz. 0,80. Die Lektüre dieses Heftchens erweitert Vorkenntnisse oder Vorstudien von Seiten des Lesers. Wer sich dieser Mühe unterzieht, findet sich belohnt durch die reiche Auswahl zahlreicher in gedrängter Form gegebener Tatsachen. Der Stoff gliedert sich naturgemäß in zwei Abschnitte, von denen der erstere die Entwicklung der Keimblase und ihrer Beziehungen zur Uteruswand behandelt, während der zweite die Entwicklung des Embryonalkörpers darstellt. Die Abbildungen sind zum größeren Teile Originale nach Präparaten des Marburger anatomischen Institutes.

Weitere Hefte der vorliegend-vollen Serie „Lebenskunde“, welche empfehlenswert ist, befinden sich in Vorbereitung.

Karl Häder, Braunschweig.

Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Seitens der General Electric Company in New York unter Beteiligung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und des Siemens-Konzerns in Berlin ist der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft (Berlin C 2, Schloß, Portal III) ein Betrag von zunächst 15 000 Dollars zur Verfügung gestellt worden mit dem Ziel, durch einen von der Notgemeinschaft zu begründenden besonderen Ausschuß die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiete der Elektrophysik zu fördern. Für die Tätigkeit dieses Ausschusses sind, im Einverständnis mit den Stiftern, die nachstehenden Richtlinien erlassen:

1. Die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft verwendet die von der General Electric Company, Schenectady/New York, sowie der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, und dem Siemenskonzern, Siemensstadt-Berlin, zur Verfügung gestellten Mittel zur Unterstützung von Forschern auf dem Gebiete der Elektrophysik vorzugsweise bei ihren experimentellen Arbeiten.

2. Die Entscheidung über die Verwendung der Mittel obliegt dem Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. Der Präsident der Notgemeinschaft hat folgende Fachangehörige zu Mitgliedern des Elektrophysikausschusses ernannt:

M. Planck (Vorsitzender), Berlin,
M. v. Laue (stellv. Vorsitzender), Berlin,
J. Franck, Göttingen,
F. Haber, Berlin,
W. Nernst, Berlin,
M. Wien, Jena.

Die drei Stifterfirmen entsenden zu den Sitzungen des Elektrophysikausschusses Vertreter mit beratender Stimme.

3. Anträge, die dem unter 1. gekennzeichneten Zweck entsprechen, sind zu richten an den Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, z. H. des Geschäftsführers Herrn Dr. A. Berliner, Berlin W 9, Linkstraße 23/24.

In den Anträgen ist das in Angriff zu nehmende Problem deutlich zu kennzeichnen; auch ist die beantragte Summe und die Art der Verwendung anzugeben, ebenso in welchen Zeitabständen und in welcher Form (Bank- oder Postscheckkonto, Amt und Nr.) die evtl. Teilzahlungen erfolgen sollen.

Außerdem ist anzugeben, ob der Antragsteller zusagt, die evtl. von ihm benötigten Apparate durch die Notgemeinschaft zu beziehen (möglichst mit Angabe der vorgeschlagenen Firma und genauer Katalogbezeichnung).

Schließlich ist anzugeben, ob und wann ähnliche Anträge an andere Stellen gerichtet worden sind und welche Beziehungen zwischen den verschiedenen Anträgen bestehen.

4. Die bewilligten Mittel können, wie folgt, verwendet werden:

a) Zur Beschaffung von Apparaten und Material (Sachausgaben). Die Mittel dürfen jedoch nicht dazu verwendet werden, dem Staat seine Verpflichtung zur Erhaltung der Institute im arbeitsfähigen Zustand abzunehmen. Sachausgaben, die nicht unmittelbar mit der Lösung des beantragten Problems zusammenhängen, dürfen daher nicht aus der Bewilligung bestritten wer-

den. Die Notgemeinschaft behält sich das Eigentumsrecht an Gegenständen von erheblichem bleibendem Wert vor.

b) Zur persönlichen Entlohnung von Mitarbeitern und Hilfskräften. Der Gesichtspunkt der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses darf im Rahmen der persönlichen Entlohnung Berücksichtigung finden, indem geeigneten Mitarbeitern laufende Vergütungen gewährt werden, durch die ihr Einkommen bis auf die Höhe eines etatsmäßigen Assistentengehaltes gebracht wird.

c) Der Elektrophysikausschuß behält sich vor, bei der Bewilligung in geeigneten Fällen den Empfänger einzuladen, bestimmte Bruchteile der bewilligten Summe für die persönliche Lebensführung zu verwenden.

5. Die Anträge sollen sich nicht auf Aufgaben beziehen, deren Lösung eine unmittelbare industrielle Bedeutung zukommt, z. B. also die Ausarbeitung spezieller technischer Verfahren.

Sofern sich aber bei der Verfolgung des wissenschaftlichen Zieles als Nebenresultat ein solches technisches Verfahren ergibt, das der betreffende Forscher auszuarbeiten wünscht, so wird erwartet, daß der Empfänger den Stifterfirmen gemeinschaftliche Gelegenheit zur Ausbeutung des Verfahrens gibt. Er soll deshalb das Verfahren beim Reichspatentamt anmelden und eine Abschrift der Anmeldung an den Ausschuß senden. Wenn die drei Stifterfirmen nicht in angemessener Zeit erklären, daß sie an der Erfindung interessiert sind, so bleibt die Verwertung dem Erfinder überlassen. Wenn Interesse besteht, aber über die Bedingungen für die Ausbeutung der Erfindung keine Vereinbarungen zustandekommen, mit denen sich die Parteien befriedigt erklären, so soll die Erfindung ungeschützt bleiben und veröffentlicht werden.

Außerdem wird erwartet, daß der Erfinder aus den Gewinnen, die ihm die Erfindung bringt, dem Elektrophysikausschuße die empfangene Unterstützung in angemessener Zeit, und zwar in voller Höhe, also dem Goldmarkwert entsprechend, zurückzahlt.

6. Der Elektrophysikausschuß verlangt keine ins Einzelne gehende Rechenschaft über die Verwendung der bewilligten Summe. Jedoch ist anzugeben, welche Gegenstände von erheblichem bleibendem Wert beschafft worden sind. Im übrigen gilt als Zeugnis sachgemäßer Verwendung der Unterstützung das Zustandekommen einer wissenschaftlich wertvollen Arbeit. 12 Sonderabdrücke oder Abschriften dieser Arbeit sind dem Elektrophysikausschuße zur Verfügung zu stellen; dieser wird erforderlichenfalls die Kosten der Herstellung der Abschriften tragen.

In der Arbeit ist ein kurzer Hinweis anzugeben, daß die Arbeit mit den Mitteln des Elektrophysikausschusses der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft geleistet wurde.

7. Alle Auszahlungen erfolgen, dem deutschen Gesetz entsprechend, in Reichsmark. Die Bewilligungen erfolgen in Goldmark und werden zu dem am Zahlungstage gültigen Dollarkurs in Reichsmark umgerechnet.

Der Präsident der Notgemeinschaft
gez. Dr. F. Schmidt-Ott,
Staatsminister.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 32. (Seite 681—696)

10. August 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Grundzüge einer neuen Psychologie, Physiologie und Psychophysik der Farbtöne. Von *Julius Pikler, Budapest.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 681.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Ueber den Zeemaneffekt bei der Resonanzfluoreszenz. Von *W. Hante, Göttingen.* (Mit 5 Abbildungen.) S. 690.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 691—696.

Die moderne Insektenbekämpfung in den

Vereinigten Staaten. Die Entstehung der Wirbeltiere. (Mit 1 Abbildung.) Ueber die Geotaxis von *Paramecium*. Geotaxis bei dem Seeigel *Centrochinus*. Der Mechanismus der Samenausschleuderung von *Oxalis*. (Mit 1 Abbildung.) Der Tierversuch im Dienste der Blütenökologie. Ultramikroskopische Mikroben im Waldboden. Ueber den tagesperiodischen Farbwechsel von *Selaginella*.

Verlag von Julius Springer in Berlin W9

Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn

Von
Professor **Ewald Hering.**

1. Lieferung. Mit Figur 1—13 und Tafel I (Bogen 1—5).
1905 GZ. 2

2. Lieferung. Mit Figur 14—33 und Tafel II und III
(Bogen 6—10) 1907 GZ. 2.

3. Lieferung. Mit Figur 34—65 (Bogen 11—15) 1911
GZ. 2.

4. (Schluß-) Lieferung. Mit Fig. 66—77 im Text.
(Bogen 16—19) 1920 GZ. 2.

(Sonderabdruck aus dem „Handbuch der Augenheilkunde“.
I. Teil, XII. Kapitel.)

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Benachrichtigung über den Bezugspreis auf der Rückseite.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Linkstr. 23-24.

Die Naturwissenschaften erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von 16000.— M. für August 1923 bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 5000.—

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,85 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt. Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 4. August 1923: 70 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23 21.

Fernsprecher: Amt Kurfürst, 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck: für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Bezugspreis für August

Der Verlag sieht sich infolge der unaufhaltsam fortschreitenden Teuerung gezwungen, den Postbezugspreis der „Naturwissenschaften“ für den Monat August im Einverständnis mit der Postverwaltung als „freibleibend“ zu bezeichnen. Tritt die Notwendigkeit ein, den Preis zu erhöhen, so wird der Unterschiedsbetrag zwischen dem an die Post bezahlten und dem neuen Preise unmittelbar von unseren Beziehern erbeten werden.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Mathematische Analyse des Raumproblems. Vorlesungen, gehalten in Barcelona und Madrid. Von Dr. **Hermann Weyl**, Professor der Mathematik an der Eidgenöss. Technischen Hochschule Zürich. Mit 8 Abbildungen. (VII, 117 S.) GZ. 5.

Raum — Zeit — Materie. Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie. Von **Hermann Weyl**. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 23 Textfiguren. (VIII, 338 S.) 1923. GZ. 10.

B. Riemann, Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Neu herausgegeben und erläutert von **H. Weyl**. Dritte Auflage (V, 48 S.) 1923. GZ. 2.

Kausalgesetz und Willensfreiheit. Öffentlicher Vortrag, gehalten in der Preussischen Akademie der Wissenschaften am 17. Februar 1923 von **Max Planck**. (52 S.) 1923. GZ. 1,5.

Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie. Von **Moritz Schlick**. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. (VI, 108 S.) 1922. GZ. 3,2.

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungeführten Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligste Auskunft.

Grundzüge einer neuen Psychologie, Physiologie und Psychophysik der Farbentöne.

Von Julius Pötker, Budapest.

Einleitung.

Unter dem *Purkinjeschen Schritt* zu einem *Farbenton* verstehe ich jene Änderung, welche das diesen Ton im gewöhnlichen Tagesspektrum hervorbringende Licht bei der Überführung des farblosen Dämmerungsspektrums in jenes in bezug auf seine Helligkeitsstufe im Spektrum erfährt¹⁾. Der Purkinjesche Schritt geht für Rot von Dunkel zu Mittelhell, für Gelb von Mittelhell zu Hell, für Grün von Hell zu Mittelhell, für Blau von Mittelhell zu Dunkel. Für die Übergangstöne, die Purpurtöne mitinbegriffen, gelten die entsprechenden Übergangsschritte; diese sind zwischen die soeben genannten Schritte entsprechend einzusetzen. In der obigen Reihe folgen die Purkinjeschen Schritte einander in guter Ordnung; auch ist die obige Reihenfolge die einzige wohlgeordnete Reihenfolge der Purkinjeschen Schritte. Sie ist in sich zurücklaufend, kreisförmig.

Auch die Farbentöne folgen einander in der obigen Reihe in ihrer einzigen guten Ordnung und in sich zurücklaufend, kreisförmig. Wir wollen diese ihre Reihenfolge den *Farbentonkreis* nennen.

Hieraus ergibt sich folgender Satz: Ersetzen wir im *Farbentonkreis* die Farbentöne durch die zu ihnen führenden Purkinjeschen Schritte, so bleibt die einzig gute Ordnung und die Kreisform desselben gewahrt. Oder: Die Farbentöne stehen in denselben Verhältnissen zueinander wie die zu ihnen führenden Purkinjeschen Schritte. Ich nenne diesen hier zum ersten Male ausgesprochenen Satz den *Satz von der Kongruenz des Farbentonkreises und des Purkinjeschen Phänomens*. Es obliegt der Physiologie, diese Kongruenz zu erklären.

Die heute gangbare Psychologie schildert den Farbentonkreis, die Ähnlichkeiten und Unähnlichkeiten der Farbentöne, auf eine ungenügende Weise, an welche sich eine physiologische Erklärung der oben festgestellten Kongruenz nicht anlehnen läßt. Sie soll in der vorliegenden Arbeit durch eine neue, die Erklärung dieser Kongruenz anbahnende Psychologie ersetzt werden.

Die heute gangbare Physiologie, sowohl die

Duplizitätstheorie wie die Heringsche Farbentheorie einschließlich ihrer Weiterentwicklungen durch verschiedene Forscher, läßt die oben festgestellte Kongruenz unerklärt. Auch sie soll in der vorliegenden Arbeit durch eine dieselbe erklärende Physiologie ersetzt werden.

Die heute gangbaren Lehren lassen auch eine weitere Kongruenz unerklärt, nämlich die Tatsache, daß die Farbentöne im Spektrum einander wohlgeordnet folgen wie im Farbentonkreis. Auch diese Kongruenz zwischen *Spektrum* und *psychologischem Farbentonkreis* soll in der vorliegenden Abhandlung durch eine neue Psychophysik ihre Erklärung finden.

Diese neuen Ansichten brechen jedoch keineswegs vollkommen mit den bisherigen Lehren, sie verbessern diese nur, sie entwickeln sie weiter.

I. Psychologie.

1. Die Grenztöne.

Die Grenztöne („Urtöne“, „Grundtöne“) Rot, Gelb, Grün, Blau bilden lediglich kraft ihres eigenen Aussehens, ohne dazu die Vermittlung der Übergangstöne („Zwischentöne“, „Mischentöne“) Rotgelb, Gelbgrün, Grünblau, Blaurot und der Nichtexistenz der Übergangstöne Rotgrün und Gelbblau zu bedürfen, in der genannten Folge und nur in dieser eine wohlgeordnete Reihe. Auch wenn wir nie Übergangstöne gesehen hätten, würden wir die Grenztöne in dieser Reihenfolge ordnen. Auch der Laie anerkennt, befragt, diese Reihenfolge der Grenztöne als die einzig richtige, und er denkt doch dabei gewiß nicht an die Übergangstöne und an den aus Grenz- und Übergangstönen bestehenden Farbentonkreis des Psychologen.

Jene Reihenfolge ist kreisförmig, denn Blau ist dem Rot wieder ähnlicher als Grün. Kann man nun nicht von Rot aus auch über Blau in diesem Kreise weitergehen und auch den Kreis bei jedem anderen Glied beginnen und beliebig in jeder der beiden möglichen Richtungen fortschreiten, ohne die gute Ordnung zu stören? Man versuche es, es wird nicht stimmen; Rot ist der einzig richtige Anfang, und die angegebene Richtung die einzige gute. Allerdings ist dieselbe Kreisreihe in entgegengesetzter Richtung und auch mit anderen Anfangspunkten in beliebiger Richtung nicht so schlecht wie die Reihen, in welchen Rot neben Grün und Gelb neben Blau steht.

¹⁾ Unter Spektrum meine ich stets das mit gleichmäßiger Zerstreuung aller Strahlen, also das Gitterspektrum (vgl. Langley am späteren O.) das auf gleichmäßige Zerstreuung reduzierte prismatische Spektrum.

In dem besagten Kreise ist jedes Glied seinen beiden Nachbarn ähnlich, dem vierten Glied des Kreises unähnlich. Aber es ist natürlich dem einen Nachbarn auf eine andere Weise ähnlich als dem anderen. Die beiden Arten der Ähnlichkeit mit den beiden Nachbarn sind für alle Glieder dieselben. Da es sich nur um vier Glieder handelt, läßt sich der Tatbestand sehr kurz auf die folgende Weise darstellen: Rot und Gelb, Blau und Grün sind einander auf dieselbe Weise ähnlich; auch Gelb und Grün, Rot und Blau sind einander auf dieselbe, aber auf eine von der ersteren verschiedene Weise ähnlich. Rot und Grün, Gelb und Blau sind einander unähnlich.

Trotz jener Ähnlichkeit der Nachbarn sind alle Glieder vollkommen außereinander; Rot hat weder Bläue noch Gelbe, Gelb weder Rote noch Grüne usw. Trotz dieses vollkommenen Außereinanderseins schlägt aber doch jedes Glied eine Brücke von einem seiner Nachbarn zum anderen, es führt von dem einen zu dem anderen.

Wir können auch näher angeben, worin diese Ähnlichkeiten, dieses Außereinander und dieses Brückenschlagen besteht. Ich tue dies vorerst nur auf eine unvollkommene und bildliche Weise: Ich lasse das Kreisbild als ungenügend fallen. Rot hat etwas Aufsteigendes, Gelb setzt dieses Aufsteigen um ebensoviel höher fort; Grün und Blau besitzen etwas Absteigendes, Grün geht den Weg des Gelb abwärts, Blau den des Rot. Rot und Gelb, Grün und Blau sind also einander an Richtung gleich, die Richtung dort und hier ist aber entgegengesetzt; Gelb und Grün, Rot und Blau sind einander gleich in bezug auf das Gebiet, in welchem sie sich (in entgegengesetzter Richtung) bewegen; das Gebiet ist dort höher, hier niedriger. Man ersieht hieraus auch, warum Rot der Anfangspunkt der guten Reihenfolge ist; es ist die erste Phase jener ganzen Bewegung, welche in den vier Grenztönen vorhanden ist. Man sieht auch, warum nach Rot Gelb folgen muß; Gelb setzt den aufsteigenden Sinn des Rot fort, Blau kehrt ihn um. Die vier Grenztöne bilden nicht so sehr einen in seinem ganzen Verlauf sich gleichbleibenden Kreis, als eine Auf- und Abwärtsbewegung. Wir können jetzt hinzufügen, daß nach dem soeben Gesagten auch Rot und Grün, Gelb und Blau eine Gleichheit besitzen, zwar nicht als Töne, als Bewegungen, weder die der Richtung, noch die des Gebietes ihrer Bewegungen, sondern eine in bezug auf die Endpunkte derselben; Rot und Grün gehen von den beiden extremen Punkten der ganzen Bewegung zu ihrer Mitte, Gelb und Blau von der Mitte zu den beiden extremen Punkten.

Ich spreche jetzt das genaue, unbildliche lösende, oder richtiger verknüpfende Wort all dieser Zusammenhänge aus. Es handelt sich dabei nicht um eine Theorie, etwa um eine physiologische — diese soll erst später folgen —, sondern immer noch um das bloße Aussehen der Grenztöne. Aber wir überschreiten jetzt den Kreis

der Töne, wir bestimmen das Verhältnis der Grenztöne zur tonlosen Helligkeit; nur so kann der innerste Kern ihres Aussehens genau und unbildlich bezeichnet werden: *Rot ist Durchhellung des Schwarz zu Mittelhell, Gelb des Mittelgrau zu Hell, Grün ist Durchdunklung des Weiß zu Mittelhell, Blau des Mittelgrau zu Dunkel*. In Zahlen ausgedrückt: Rot ist ein Helligkeitsschritt von 0 zu 1, Gelb von 1 zu 2, Grün von 2 zu 1, Blau von 1 zu 0. Man sieht nun, woher all das oben Gesagte stammt.

Eine Berichtigung ist jedoch nötig. Das Dunkel, Hell, Mittelhell der Grenztöne fällt nicht ganz genau mit der Helligkeit des Schwarz, Mittelgrau, Weiß zusammen, sondern es weicht um ein geringes von dieser ab in der Richtung des Anfangspunktes des Helligkeitsschrittes, dem es entspringt, es nähert sich um ein geringes diesem Anfangspunkte²⁾. M. a. W. die Zahlen 0, 1, 2 besitzen einen etwas verschiedenen Wert, je nachdem sie den Anfangs- oder aber den Endpunkt des Helligkeitsschrittes bezeichnen. Dies ist jedoch für alles folgende bedeutungslos.

Wir dürfen eben darum die tonlosen Grenzhelligkeiten, Schwarz, Mittelgrau und Weiß, und die Grenztöne auf ein und derselben geraden Linie abbilden. Wir wollen diese, um Raum zu ersparen, statt vertikal horizontal zeichnen. Die

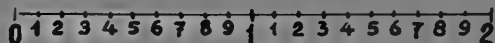


Fig. 1.

beiden Endpunkte und der Mittelpunkt derselben, 0, 1, 2, bezeichnen das Dunkel, Mittelhell und Hell und daher auch Schwarz, Mittelgrau und Weiß. Die beiden Abstände zwischen diesen drei Punkten bezeichnen als gerichtete Größen in der einen Richtung Rot und Gelb, in der anderen Blau und Grün.

2. Die Übergangstöne.

Auch im nun folgenden handelt es sich nicht um eine Theorie, sondern rein um das Aussehen der Übergangstöne. Wer mir bisher zustimmen konnte, wird dies auch in bezug auf das Folgende tun können.

Auch die Übergangstöne sind Durchhellung und -dunklung, Auf- und Abwärtsschritte tonloser Helligkeit mittels Tönung. Und ebenso große Schritte wie die Grenztöne, Schritte von der Größe 1. Nur heben sie zwischen den Anfangs-

²⁾ Rot ist für mein Empfinden um ein geringes dunkler als Grün, nicht heller, wie es zumeist geschildert wird. Auch anderen geht es so; s. z. B. *Ostwald*, *Einf. in d. Farbenlehre*, Leipzig 1919 (Reclams Univ.-Bibl.), S. 99. In einer Textfigur gab ich einmal Rot mit Weiß, Grün mit Schwarz wieder; einer meiner Leser, ein hervorragender Psychologe und Beobachter, sagte mir, nach seiner Empfindung hätte es umgekehrt sein sollen. Auch nach meiner, doch ich hatte damals der verbreiteten entgegengesetzten Darstellung der Helligkeitsverhältnisse nachgegeben.

und Endpunkten der Grenztonschritte an und überschreiten die Endpunkte derselben in entsprechendem Maße. Sie sind Verschiebungen der Grenztonschritte im Sinne eines ihrer Nachbarn. Rotgelb ist ein Schritt, Durchhellung von (s. Fig. 1) 0,1 (Dunkelgrau) zu 1,1, von 0,2 zu 1,2 usw.; Grünblau ist Durchdunklung von 1,9 (Hellgrau) zu 0,9, von 1,8 zu 0,8 usw. Ein mehr gelbliches als grünliches Gelbgrün ist z. B. ein Schritt von 1,1 zu 1,9, der aus zwei Schritten gegensätzlicher Richtung, aus Durchhellung und Durchdunklung, zusammen (ohne Vorzeichen addiert) in der Größe 1, hervorgeht; als solche Teilschritte können ebenso gut die Schritte 1,1 zu 2 und 2 zu 1,9 aufgefaßt werden, wie die Schritte 1,1 zu 1 und 1 zu 1,9, da in beiden Fällen die relative Größe der Gelbe und Grüne und die Verschiebungen des Gelb- und Grünschrittes zum Ausdruck gelangen; die erstere Auffassung bezeichnet die Vergrünung des Gelb, die zweite die Vergilbung des Grün, welche ja in der Tat zwei mögliche Anschauungen der vorliegenden Tatsache bilden. Das reziproke, mehr grünliche als gelbliche Gelbgrün ist ein Schritt von 1,9 zu 1,1, von welchem alles soeben Gesagte in reziprokem Sinne gilt. Vorwiegend gelbliches Gelbgrün sind auch die Schritte von 1,2 zu 1,8, von 1,3 zu 1,7, von 1,4 zu 1,6, im obigen Sinne entsprechend zusammengesetzt; vorwiegend grünliches Gelbgrün sind die umgekehrten Schritte, reziprok zusammengesetzt. Das in gleichem Maße gelbliche und grünliche Gelbgrün ist ein Schritt und Rückschritt, Durchhellung und -dunklung von 1,5 zu 1,5. All das Gesagte ist auch auf Rotblau anwendbar, nur handelt es sich hier nicht um das Gebiet zwischen 1 und 2, sondern zwischen 0 und 1. Fig. 2

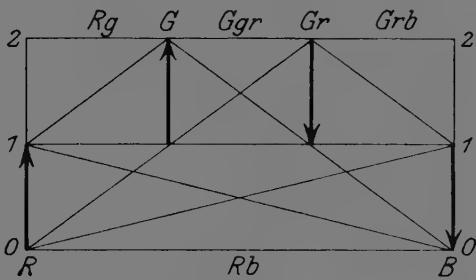


Fig. 2.

Graphische Darstellung der Gesamtheit der Farbentöne.

gibt diese Beschreibung der Übergangstöne anschaulicher als Fig. 1 graphisch wieder; in ihr sind die beiden Hälften der Helligkeitsgeraden der Fig. 1 und die beiden gegensätzlichen Richtungen jeder dieser beiden Hälften, also die Grenztöne, getrennt, durch die vier Pfeile, abgebildet, infolgedessen konnten hier, durch die schrägen Verbindungslinien, auch die Verschiebungen der Grenztöne, die Übergangstöne, anders als in Fig. 1, von den Grenztönen gesondert dargestellt werden.

Aus dieser Beschreibung der Übergangstöne

folgt ohne weiteres, daß es Übergangstöne Rotgrün und Gelbblau nicht geben kann. Denn es kann keine Verschiebung des Schrittes 0—1 im Sinne des Schrittes 2—1 (oder, umgekehrt aufgefaßt, des Schrittes 2—1 im Sinne des Schrittes 0—1) geben, und keine des Schrittes 1—0 im Sinne des Schrittes 1—2 (oder, umgekehrt aufgefaßt, des Schrittes 1—2 im Sinne des Schrittes 1—0); es fehlt hierin die Kontinuität. Stets fehlt auch für die Übergänge zwischen drei Grenztönen, z. B. für Rotgelbgrün (vgl. die obige ausführliche Beschreibung eines Gelbgrün); darum sind auch solche Übergangstöne unmöglich.

3. Kritisches.

Die Lehre, daß die Grenztöne nach ihrem Aussehen in sie ordnenden Verhältnissen zueinander stehen, und daß das Dasein gewisser Übergangstöne, das Fehlen anderer diesen Verhältnissen zugeschrieben werden kann, wurde in W. in der vorliegenden Arbeit zum ersten Male ausgesprochen. Jedenfalls ist die heute in der Psychologie und auch in der Physiologie widerspruchsfrei herrschende Lehre ihr diametral entgegengesetzt. Nach dieser — der Lehre vom Farbkreis, welcher erst durch das Nacheinander der Grenz- und Übergangstöne gebildet wird — stehen die vier Grenztöne nicht schon nach ihrem Aussehen, sondern erst insofern in verschiedenen, eine Ordnung abgebenden Verhältnissen zueinander, als gewisse Paare derselben sich an Übergangstönen beteiligen, andere nicht. Dies Sichbeteiligen und Nichtbeteiligen läßt sich also nach der herrschenden Lehre nicht auf das Aussehen der Grenztöne zurückführen; es ist psychologisch eine letzte Tatsache; es läßt sich nur physiologisch und mittels Annahmen erklären, welche nicht auf das Aussehen der Grenztöne zurückgehen und insofern willkürlich sind. Nach dem Obigen ist diese Lehre falsch.

Zu erklären ist aber nach der herrschenden Lehre eigentlich nur, warum gewisse Grenztonpaare, Rot und Grün, Gelb und Blau, keine Übergangstöne besitzen. Denn sie nimmt es als selbstverständliche, keiner Erklärung bedürftige Tatsache an, daß gleichzeitig zwei Grenztöne mit gleichem Ortswert erregt werden und sich zu Übergangstönen vermischen können; es bleibt für sie also nur die Frage übrig, warum Rot und Grün, Gelb und Blau dies letztere nicht tun. Nun aber entstehen nach dem Obigen die Übergangstöne nicht durch Vermischung, sondern durch Verschiebung von Grenztonvorgängen, beruhend — was aber hier nur angedeutet werden kann — letzten Endes darauf, daß das ganze Helligkeitsempfinden vom Mittelhell (Raumhell, Allgemeinhell) als primären Nullpunkt und vom äußersten Dunkel und Hell (Schwarz und Weiß) als sekundären Nullpunkten ausgeht (auch Hell- und Dunkelgrau sind Verschiebungen); dieser Teil der genannten Lehre ist daher falsch. Und

die Frage, warum gewisse Grenztonpaare keine Übergangstöne besitzen, ist unlösbar, wenn man nicht von der sich im Aussehen kundgebenden Eigenordnung der Grenztöne ausgeht. In der Tat gestehen z. B. selbst solche Anhänger *Herings*, die sonst an ihrem Lehrer kein Fehl zu finden vermögen, daß er auf diese Frage keine klare Antwort gegeben hat³⁾.

Die herrschende falsche Psychologie mußte aber nicht nur in bezug auf die Übergangs-, sondern auch in bezug auf die Grenztöne zu einer falschen Physiologie führen. Indem die psychologischen Verhältnisse der Grenztöne nicht bemerkt wurden, blieb das für die physiologische Theorie Maßgebendste, das eigentlich zu Erklärende unbeachtet. Tatsächlich wurde bisher noch keine physiologische Theorie der Farbentöne aufgestellt, welche mit jenen Verhältnissen im Einklang stünde. Wir wollen auch hier der *Hering'schen* Lehre gedenken. Diese schreibt das Rot und Grün, das Gelb und Blau dem Ab- und Aufbau zweier Substanzen im Körper zu. Nun könnte hieraus noch verständlich sein, daß Rot und Gelb, Grün und Blau einander ähnlich sind, nämlich jene als Ab-, diese als Aufbau; nimmer wird es daraus verständlich, warum auch Gelb und Grün, Blau und Rot einander ähnlich sind, und warum jeder Grenzton von einem seiner Nachbarn zum andern führt. Jene „Theorie der Gegenfarben“ wurde ersonnen, um u. a. die Nichtexistenz von Rotgrün und Gelbblau zu erklären; hierzu ist sie, wie gezeigt wurde, ungeeignet; die Tatsachen erheischen jedoch vor allem eine Theorie der *Nebenfarben*, eine solche fehlt bei *Hering* ganz und gar.

Ich will noch kurz darauf hinweisen, wie sich die herrschende falsche Psychologie in einer neuesten Darstellung kundgibt, in der *Ostwald'schen*. Diese beginnt ihre Numerierung der Farbentöne im Farbentonkreise bei Gelb, als dem hellsten und von seinen Nachbartönen sich am klarsten abhebenden Ton; einen wesentlicher begründeten Anfangspunkt kennt sie nicht. Nach ihr gibt es auch keinen Grund, von Gelb eher in der einen als in der anderen der beiden möglichen Richtungen fortzuschreiten; darum schreibt sie „willkürlich“ rotwärts fort⁴⁾. *Ostwald* zählt demgemäß die Grenztöne stets in der Reihenfolge Gelb, Rot, Blau, Grün auf⁵⁾. Ich will nun nicht sagen, daß jene Numerierung unerlaubt sei; sie kann auch die zweckmäßigste sein; daß es aber keinen mehr im Wesen der Töne begründeten Anfangspunkt und keine im Wesen

der Töne begründete Entscheidung für die Richtungswahl am Tonkreise gäbe, diese Ansicht ist nach unseren obigen Ausführungen ganz falsch, und die Reihenfolge Gelb, Rot, Blau, Grün tut mir so weh, als träte man mir auf die Zehen. Übrigens ist ja auch die *Ostwald'sche* „Farbenlehre“ keine Lehre vom Wesen, besonders vom physiologischen, der Farbentöne, wie die *Helmholtz'sche* und *Hering'sche*, die *Goethesche* und *Schopenhauersche*, sondern nur von der Ordnung, Messung und Normierung der Farben. Seine „Einführung in die Farbenlehre“ und, wenn ich mich gut erinnere, auch seine anderen Werke über die Farben erwähnen nicht einmal jene grundlegende Bedingung der Farbentöne, daß sie nur beim Tages-, nicht beim Dämmerungssehen auftreten, ohne deren Beachtung; wie wir gleich sehen werden und wie selbstverständlich, ein Einblick in das Wesen der Farben ausgeschlossen ist.

4. Das Wesen des Farbentones.

Die Farbentöne stehen nach dem Obigen nicht nur in denselben Verhältnissen zueinander wie die zu ihnen führenden *Purkinjeschen* Schritte, sondern sie sind mit diesen Schritten identisch. Im Farbenton ist sowohl die spektrale Dämmerungs-, wie die spektrale Tageshelligkeitsstufe des betreffenden Lichtes enthalten, die erstere durch die letztere überwunden; der Farbenton besteht in dieser Überwindung⁶⁾. Ähnlich wie die Rundung einer Linie in der Überwindung einer Richtung derselben durch eine andere besteht; so wie die Rundung eine Raum-, ist der Farbenton eine Helligkeitsgestalt. Der Farbentüchtige vereinigt die Sehweise des mit angeborener totaler Farbenblindheit Behafteten und die Sehweise der erworbenen totalen Farbenblindheit; indem in ihm die letztere Sehweise die erstere überwindet, ist er farhentüchtig. Er vereinigt in bezug auf das Rot- und das Grünlicht die Sehweise des sogen. Rot- und des sogen. Grünblinden; indem die letztere Sehweise die erstere überwindet, sieht er das Rot- und Grünlicht farbig. Die an Umfang und Gestalt zwischen den Stäbchen und den Zapfen der Netzhautperipherie stehenden zarten, stäbchenartigen Zapfen des farhentüchtigen Netzhautzentrums vereinigen die beiden Sehweisen jener mit Überwindung der ersteren durch die letztere; dadurch sind sie farhentüchtig.

Die bekannten, einander kreuzenden Kurven der spektralen Dämmerungs- und Tageshelligkeitsverteilung — welche ja mit den schrägen Verbindungslinien in der oben gegebenen Fig. 2 identisch sind — sind ein Abbild des Farbentonkreises; nur muß man, um dies Abbild zu erlangen, die erstere Kurve sich in die zweite verschiebend denken, und zwar nicht in der Zeit, sondern momentan. Der Farbentonkreis ist iden-

³⁾ S. *Fr. Hillebrand*, Ewald Hering, Berlin 1918, S. 23 f. Die posthum erschienenen Ausführungen *Herings* (Grdz. e. Lehre vom Lichtsinn, S. 290) widerlegen jene Deutung, welche seiner diesbezüglichen Lehre von diesem seinen Schüler (a. a. O.) gegeben wurde, um die in ihr vorhandenen Widersprüche auszugleichen.

⁴⁾ S. *Ostwald*, Einf. in die Farbenlehre, Leipzig 1919, S. 90.

⁵⁾ S. z. B. S. 64.

⁶⁾ Bei dem im gleichen Maße gelblichen und grünlichen bzw. rötlichen und bläulichen Gelbgrün und Rotblau führt die Überwindung zur selben Helligkeitsstufe zurück; dies ist ein Grenzfall.

tisch mit der Geraden der tonlosen Helligkeitsstufen (der Schwarzweißreihe), nur sind im Falle des Farbentonkreises in allen Punkten dieser Geraden auch überwundene Dämmerungs-Helligkeitsstufen angezeigt, und alle Punkte, mit Ausnahme der beiden Endpunkte Dunkel und Hell (Blau und Gelb) doppelt besetzt; das Mittelhell durch Rot und Grün, die Stellen zwischen Dunkel und Mittelhell durch Rotblau und Grünblau in allen ihren Stufen, die Stellen zwischen Mittelhell und Hell durch Rotgelb und Grüngelb in allen ihren Stufen. Dies heißt: die beiden Besetzungen sind voneinander unterschieden, indem sie Überwindungen verschiedener Dämmerungs-Helligkeitsstufen enthalten. So hat z. B. sowohl ein sehr wenig gelbliches Rotgelb, wie ein ebenso wenig gelbliches Grüngelb die Helligkeit 1,1; das erstere aber enthält den Purkinjeschen Schritt von 0,1, das letztere den von 1,9 zu jenem 1,1. Ein Licht von bestimmter Wellenlänge ist als solches, mit Ausnahme des Gelb- und des Blaulichtes, weder durch seine spektrale Dämmerungs-, noch durch seine spektrale Tages-Helligkeitsstufe eindeutig gekennzeichnet, wohl aber durch beide zusammen; *der Farbenton ist dieses zusammengesetzte Kennzeichen.*

Nach dieser Anschauung ist der Farbenton nicht mehr, wie nach den bisherigen Anschauungen, ein zwischen Qualität und Helligkeit undeutlich Schwankendes, sondern er hat als zweischichtige Helligkeit, als Helligkeitsgestalt, als Überwindung einer Helligkeitsstufe durch eine andere einen deutlichen, bestimmten Charakter. Der Farbentonkreis tritt nicht mehr urplötzlich und ohne Zusammenhang mit den einfachen und wohlverständlichen Geraden der tonlosen Helligkeiten auf. Die Kongruenz zwischen psychologischem Farbentonkreis und Spektrum erklärt sich daraus, daß im letzteren die Purkinjeschen Schritte einander in ihrer guten Ordnung und kreisförmig folgen; es ist nur noch zu erklären, warum dies letztere der Fall ist. Daraus, daß die Dämmerungs-Helligkeits-Verteilung die einfache, grundlegende ist, auf welche sich das farbige Sehen als Gestaltung aufbaut, erklärt sich das gleiche Sehen aller Menschen in der Dämmerung und ihr Auseinandergehen im Tagessehen. Zwischen den dreierlei Größen und Gestalten und den dreierlei Sehweisen der Stäbchen, der netzhautzentralen und der peripherischen Zapfen ergibt sich Übereinstimmung.

II. Physiologie.

1. Kritisches.

Nach der heute allgemein geteilten Auffassung bewirkt ein Licht einen Farbenton, indem es das Sehorgan „erregt“. Hiernach würden durch ihre Erregungen die Lichter von wenig frequenter Schwingung das lebhafte, glühende Rot und Gelb, die Lichter von frequenter Schwingung das sanfte, dunkelnde Blau und Grün bewirken. Diese Annahme ist verkehrt, wahr-

scheinlich würde es aus dem unbewußten Streben, dies zu verhüllen, üblich, die Lichter, anders als die Tönwellen, statt mit ihren Schwingungszahlen mit ihren Wellenlängen zu bezeichnen. Jene Verkehrtheit könnte man dadurch aufheben, daß man die erstere Art von Lichtern auf sehr leicht erregbare, die zweite auf sehr schwer erregbare organische Substanz stoßen ließe, aber dies wäre eine ganz willkürliche Annahme.

Auch *Hering* entging dieser Verkehrtheit nicht, obwohl er für das Grün und Blau verkehrte Erregungen, Aufbau-Erregungen, annahm, während man allgemein nur Zerstörungserregungen kennt, wie sie auch *Hering* für das Rot und Gelb gelten läßt. Denn es ist verkehrt, daß die weniger frequenten Lichter Zerstörung, die frequenteren Aufbau bewirken sollen; läßt doch auch *Hering* auf die Schwarzweiß-Substanz den Mangel *allen* Lichtes aufbauend wirken. Kehrt man aber die Hypothese um, läßt man Rot und Gelb aus Aufbau, Grün und Blau aus Zerstörung hervorgehen, so ist zwar Lichtart und Empfindungsvorgang besser im Einklang miteinander, hingegen ist wieder das Verhältnis zwischen Empfindungsvorgang und -inhalt verkehrt. Der Widerspruch zwischen Reiz und Empfindung auf diesem Gebiete läßt sich durch zweierlei Arten von Erregungen, wie sie auch andere außer *Hering*, anders als er, annehmen, nicht beheben, denn wegen jenes Widerspruches ist jede Art entweder mit dem Reiz oder mit der Empfindung in Widerspruch.

Er läßt sich beheben, wenn man einen zweischichtigen Empfindungsvorgang annimmt, dessen erster Teil die direkte Wirkung der Schwingungsfrequenz bildet, dessen zweiter Teil aber zu jenem ersteren kontradiktorisch ist und sein Ergebnis umkehrt. Einen solchen braucht man jedoch gar nicht anzunehmen, er, der Purkinjesche Schritt, ist, wie wir im I., psychologischen, Kapitel sahen, im Farbenton anschaulich enthalten; wir haben bloß den Purkinjeschen Schritt nicht nur als Empfindungsinhalt, sondern auch als Empfindungsvorgang ausdrücklich anzuerkennen. Dies wollen wir jetzt tun. Ja, wir wollen auch zeigen, daß solche zweischichtige Sinnesvorgänge auf allen Sinnesgebieten sehr häufig und wohlbekannt sind⁷⁾. Freilich müssen, damit jener zweischichtige Empfindungsvorgang ganz erklärt sei, auch im Lichtreiz zwei einander widersprechende reizende Elemente aufgewiesen werden, deren eines, die Schwingungsfrequenz, im Dämmerungssehen, deren zweites im Tagessehen zur Geltung gelangt. Dieser Forderung werden wir erst im III., psychophysikalischen, Kapitel nachkommen.

⁷⁾ An anderer Stelle glaube ich erwiesen zu haben, daß es überhaupt nur solche zweischichtige Empfindungsvorgänge gibt, indem alle Empfindungsvorgänge Anpassungen, keiner „Erregung“ ist. S. meine Sinnesphysiologischen Untersuchungen, Leipzig 1917, und Schriften zur Anpassungstheorie des Empfindungsvorganges, I.—IV. Heft, Leipzig 1919—1922.

2. Theorie.

Der Inhalt des vorigen psychologischen Kapitels läßt sich, wie wir sahen, in folgendem Satze zusammenfassen: In den Farbentönen sind die zu ihnen führenden Purkinjeschen Schritte enthalten; jene stehen nicht nur in denselben Verhältnissen zueinander wie diese, sie sind mit diesen identisch.

Hieraus ergibt sich auf die physiologische Frage, wie die Farbentöne entstehen, folgende Antwort: Die Reizung des Gesichtssinnes zur farblosen Dämmerungs-Helligkeits-Verteilung im Spektrum besteht auch während seines Tagessehens, indem er dieser Reizung folgt, ein Licht — zwar im absoluten Maße des Tagessehens, aber — mit seiner Dämmerungs-Helligkeits-Stufe im Spektrum, oder, wie wir sie auch nennen wollen, mit seiner relativen Dämmerungs-Helligkeit farblos beantwortet, diese Helligkeit aber zugleich auf die in der psychologischen Beschreibung der Farbentöne bezeichneten Weise durchhellt bzw. durchdunkelt bzw. beides, entsteht der dem Licht zugehörige Farbenton. *Der Farbentonseht besteht im Sehakt für die farblose relative Dämmerungshelligkeit des betreffenden Lichtes und in der Modifizierung seines Ergebnisses⁸⁾.*

Dieser Sehakt ist einer überaus häufigen Klasse von Sinnesakten höchst verwandt: den Verhältnis- (Veränderungs-, Gestalt-) wahrnehmungen, ja er gehört in diese Klasse; ich erwähne dies, um ihn bei jenen besser zu beglaubigen, denen als einzige Art von Sinnesvorgängen jene hypothetische „Erregung“ vor Augen schweben mag, aus der man allgemein die Empfindung hervorgehen läßt. Sehe ich z. B., daß ein Licht heller ist als ein anderes, so stehe ich von diesem letzteren her unter der Nachreizung, die ihm zugehörige Helligkeit auch jenem ersteren Licht gegenüber zu empfinden; ich folge auch dieser Reizung, modifiziere aber zugleich dies Folgen dem geltenden zweiten Reiz entsprechend, dadurch sehe ich die Verschiedenheit der beiden Helligkeiten. Wohlgermerkt, es findet hier nicht ein nachträgliches „Urteilen“ auf Grund der Empfindung der zweiten absoluten, zuerst unverglichenen Helligkeit statt, sondern ein unmittelbares Sehen

⁸⁾ Hierbei wird vorausgesetzt, daß es charakteristische Sehakte für Helligkeitsstufen, für relative Helligkeiten gibt und Reizbarkeiten zu solchen Sehakten, so daß diese Reizbarkeiten beim Wechsel der absoluten Helligkeit fortbestehen und die betreffenden Sehakte mit veränderter absoluter Helligkeit hervorrufen können. Über die Richtigkeit dieser Voraussetzung kann kein Zweifel sein; die Tatsache, daß im Tagessehen die Helligkeitsstufen Schwarz, Weiß, Grau in allen Stufen von der absoluten Lichtstärke unabhängig durch das Verhältnis der Stärke der betreffenden Reize zur Stärke der Gesamtleuchtung hervorgerufen werden, ist ja höchst auffällig. Wir werden übrigens später sehen, daß für das oben im Text Gesagte Dämmerungs-Helligkeitsverteilung soviel bedeutet wie Wachsen der Helligkeit mit der Schwingungsfrequenz des Lichts, daß die Reizung hierzu von der Lichtstärke, von der absoluten Helligkeit unabhängig fortbestehen kann, ist ganz klar.

des Hellerseins auf Grund schon des zweiten Reizes, ein *vergleichendes Empfinden*; ja dies Sehen vermittelt das Sehen der zweiten absoluten Helligkeit; wird diese nicht sofort vergleichend empfunden, so kann sie auch nicht verglichen werden; in diesem Fall kann nur auf Grund ihrer Erinnerung verglichen werden, aber gleichfalls nur auf Grund der Erinnerung in statu nascendi, der vergleichenden Erinnerung; das Vergleichen muß von einem absoluten Inhalt zum anderen hinführen. Auch wenn ich sehe, daß ein Licht seine Helligkeit ändert, findet das geschilderte Modifizieren statt; während ich aber beim Vergleichen den nicht geltenden Inhalt im Gedanken ausführe und modifiziere, tue ich dies bei der Veränderungswahrnehmung in der zeitlichen Weiterführung einer vorhandenen Empfindung. Beim Sehen der Rundung einer Linie tue ich es in der räumlichen Weiterführung einer Empfindung. Man spricht hier von einer *Raumgestalt*, die Veränderung der Helligkeit ist eine gemischte *Zeit- und Stärkegestalt*. Auch im Farbentonseht modifiziere ich nicht im Gedanken; auch hier modifiziere ich eine aktuelle Empfindung; aber nicht erst ihre Weiterführung, sondern Ausgangsempfindung und Modifizierung sind gleichzeitig und gleichörtlich. Der Farbenton ist *reine Stärke*, des näheren Helligkeitsgestalt; es führt ein Weg von dem Verhältnis- über die anerkannte Gestalt- zur Farbentonempfindung.

Der Farbentonseht unterscheidet sich jedoch, bei aller Verwandtschaft, in einer höchst wesentlichen Beziehung von den Verhältnis- und den übrigen Gestaltempfindungsakten. In diesen findet die Modifizierung *im Sinne des geltenden Reizes* statt; im Farbentonseht fehlt diese Anpassung an den geltenden Reiz. Denn ein Licht von bestimmter Wellenlänge hat — von gewissen extremen Fällen abgesehen, die wir hier unbeachtet lassen können — bei seinen verschiedensten Tagesreizwerten und relativen Tageshelligkeiten einunddenselben Farbenton. Allerdings handelt es sich dann nicht mehr um jene, eine feste, unveränderliche relative Helligkeit besitzenden *reinen* Farbentöne allein, von denen wir bisher ausschließlich sprachen, sondern auch um Hellrot, Dunkelrot usw.⁹⁾; aber auch diese entspringen unzweifelhaft denselben Sehakten wie die reinen Farbentöne, erst zu diesen Sehakten kommt eine verunreinigende Modifikation, eben die Anpassung an den Tagesreizwert¹⁰⁾ hinzu; der Farbentonseht selbst findet also ganz ohne Rücksicht auf den Tagesreizwert statt. Demgemäß entstehen also auch die reinen Farbentöne nicht aus Anpassung an den Tagesreizwert des

⁹⁾ Es gibt auch Hellgelb und Dunkelblau, da ja (s. oben I, 1, vorletzter Absatz) das Hell und das Dunkel des Gelb und Blau hinter dem des Weiß und Schwarz zurückbleibt, und wie es infolge von Kontrast auch ein s. z. s. Überweiß und -schwarz gibt.

¹⁰⁾ Zum Tagesreizwert müssen wir auch den durch Kontrast gewonnenen Wert hinzurechnen.

Lichtes, obwohl sie diesem ohne Modifikation entsprechen; dies letztere ist ein von aller Anpassung unabhängiger Zufall; eine Anpassung findet auch hier erst sekundär statt; sie ist nullwertig, sie besteht darin, daß der Farbenton mit Rücksicht auf den Tagesreizwert des Lichtes nicht verunreinigt wird. Dieser Unterschied zwischen dem Farbentonschakt und den Verhältnis- und übrigen Gestaltempfindungen geht aus folgendem Umstand hervor: Bei den letzteren stammt die Modifizierung des nicht geltenden Bewußtseinsinhaltes aus dem Streben nach richtiger Anpassung an den hier und jetzt vorhandenen Reiz; dieses Streben, die Anpassungstätigkeit, gelangt in ein Verhältnis sowohl zum Fehlen des fehlenden, wie zum Dasein des daseienden Reizes; kein Wunder also, daß eine mit Anpassung verbundene Modifikation stattfindet. Daß die Modifikation hier ein Zwischenvorgang der Anpassung ist, zeigt sich auch darin, daß keine Modifikation stattfindet, wenn derselbe Reiz sich wiederholt; bei der Verhältnisempfindung wird dann Gleichheit, bei der Gestaltempfindung Siechgleichbleiben empfunden. Ganz anders beim Farbentonschakt. Hier stammt die Modifikation nicht aus dem Streben nach richtiger Anpassung an den hier und jetzt vorhandenen Reiz, sie erfolgt, weil die *Gesamtbeleuchtung* eine gewisse Stärke besitzt, sie ist ein allgemeiner, das ganze Sehfeld einheitlich betreffender Akt, ihr Ausdruck ist jener von Dichtern und besonders von *Goethe* häufig beschriebene, auf das ganze Sehfeld bezügliche Bewußtseinszustand: *es wird hell*, und die schönen Kinder des Lichts, die Farben, treten aus dem Grau hervor. Darum wird die farblose relative Dämmerungshelligkeit ohne alle Rücksicht auf die einzelnen Tagesreizwerte modifiziert. Die Modifikation erfolgt hier auch in jenen Fällen, wo die relative Dämmerungs- und Tageshelligkeit des betreffenden einzelnen Lichts gleich ist, wie z. B. bei einem Braun — auch hier findet ein Durchhellen bis zu Hell statt, der Gelbschakt, und dieses Gelb wird sekundär, tonlos, schwarz zurückverdunkelt; in den Farbentönen werden Gestalten gesehen, denen nichts Wirkliches in den Einzeldingen entspricht.

Wenn aber nicht in der Anpassung an den geltenden Reiz, worin besteht dann das Prinzip dieser Modifikation? Vor allem besteht es, wie wir schon sahen, in der Schaffung von Helligkeitsstufen nach Wellenlängen, nach Lichtarten. Dies ist bestbegreiflich, da es sich ja um Umgestaltung, Umwertung einer Helligkeitsverteilung nach Lichtarten, der Dämmerungs-Helligkeitsverteilung, handelt. Es fragt sich nun aber, nach welchem Prinzip die Zuteilung an die einzelnen Lichtarten geschieht. Indem sie im Sinne der Purkinjeschen Schritte, d. h. der von den einzelnen Lichtarten im gewöhnlichen Tagesspektrum eingenommenen Helligkeitsstufen erfolgt, erfolgt sie im Sinne der relativen Helligkeiten oder, wie man auch zu sagen pflegt, der relativen Stärken,

in welchen die verschiedenen Lichtarten im normalen Sonnenlicht vertreten sind. *Der Farbentonschakt besteht im Schakt für die relative Dämmerungshelligkeit des betreffenden Lichtes und in der Modifizierung seines Ergebnisses im Sinne der relativen Stärke, in welcher jenes Licht im normalen Sonnenlichte vertreten ist.* Damit stimmt es überein, daß der Gesichtssinn die Helligkeit jener Allgemeinempfindung „es ist hell“, in deren Gefolge das Farbensehen auftritt, m. a. W. die Raumhelligkeit, immer tonlos, weiß, hervorbringt; ist die Beleuchtung tatsächlich nicht weiß, sondern hat eine Lichtart ein Übergewicht, so wird dies, wenigstens unterhalb einer Grenze, s. z. s. abgezogen, aber auch in den einzelnen Sehdingen, das ganze Sehen wird auf weiße Beleuchtung reduziert; hierin ist schon die Beantwortung der einzelnen Lichtarten in jenen relativen Stärken enthalten, die sie in einer weißen Lichtquelle besitzen; wir fügen hinzu, daß in dieser Beantwortung, d. h. in der Umgestaltung der Dämmerungs-Helligkeitsverteilung zu dieser Beantwortung eben die Farbentöne bestehen. Die Farbentöne werden also schon im Schakte für die Allgemein- oder Raumhelligkeit, für das Sehen „es ist hell“ gebildet und in ihrer weißen Gesamtheit gesehen, wie sie ja durch diesen Schakt bedingt sind; *das Farbentonschakt ist Anpassung der Dämmerungsart dieses Schaktes an das sozusagen vorausgesetzte normale Sonnenlicht*; das Sehen der Farbentöne in den Einzelgegenständen, das Sehen dieser als rein rot, hellrot, dunkelrot usw. bedeutet nur, daß die Stärke ihrer spezifischen Lichtart ebenso zu der mittels jener Anpassung gewonnenen Stärke dieser spezifischen Lichtart in der Allgemeinhelligkeit in Beziehung gesetzt wird, wie die Lichtstärke der tonlosen Gegenstände zur Gesamt-Allgemeinhelligkeit, indem sie schwarz, weiß, mittel-, hell-, dunkelgrau, mehr oder minder hell- oder dunkelgrau gesehen werden. Es fragt sich aber auch, woher diese stets vorhandene spontane Einstellung des Gesichtssinnes auf das normale Sonnenlicht stammt. Wir werden auch sie begreiflich finden, wenn wir in Betracht ziehen, daß der Gesichtssinn vor allem Raumsinn ist. Dieser letztere Sinn ist reizfrei, spontan; das Auge sieht Raum auch bei vollkommener Lichtlosigkeit. Es sieht ihn in diesem Falle dunkel (subjektives Angengrau). Es wäre aber gewiß verkehrt, anzunehmen, daß es spontan, z. B. wenn wir beim Erwachen die Augen öffnen, auf Dunkel eingestellt sei; vielmehr müssen wir annehmen, daß es auf das Sehen eines hellen Raumes ausgeht, dies Hell aber bei Lichtlosigkeit sekundär kompensiert; so ist auch die Positivität des Raumdunkels (im Gegensatz zur negativen Geruch-, Geschmacklosigkeit, Stille) verständlich. Jenes Hell muß aber von irgendeiner bestimmten Art sein, und es ist begreiflich, daß es der weitaus häufigsten Lichtquelle, dem Sonnenlicht entspricht, sich diesem entsprechend entwickelt hat. Im nächsten, psychophysikalischen

lischen Kapitel will ich die Tatsache verständlich machen, d. h. auf ihre allgemeinsten Elemente zurückführen, daß die einzelnen Lichtarten im normalen Sonnenlicht eben in solchen relativen Helligkeiten vertreten sind, daß sich die höchst überraschende Regelmäßigkeit der Größe 1 für die Purkinjeschen Schritte aller Lichtarten ergibt.

Vorher wollen wir jedoch noch einige Thesen aufstellen, welche aus dem bisher Gesagten fließen:

Der größere ästhetische Wert des Farbtönen im Vergleich zur tonlosen Helligkeit erklärt sich daraus, daß jener gestaltet ist, diese nicht, jener also eine höhere Lebenstätigkeit bedeutet als diese. Keine bisherige Theorie erklärt jene Wertverschiedenheit.

Das Sehen des Farbtönen ist zur Beantwortung des Tagesreizwertes des betreffenden Lichtes nicht unbedingt notwendig; es ist eben ein unbehrliches ästhetisches Spiel. Dies Spiel ist im Sinne von Rotgrün und Gelbbau, wie wir im psychologischen Kapitel sahen, nicht möglich. Daraus erklärt sich die tonlose Beantwortung der entsprechenden Mischreize; sie ist weder Summierung noch gegenseitige Paralisierung der Lichter zu Weiß, sondern Aufgabe des einheitlichen Sehens der Dämmerungs- und Tageshelligkeit, dort, wo solch einheitliches Sehen unmöglich wird, Sichbescheiden mit schlichtem, einschichtigem Sehen in diesem Falle.

Die Zunahme der Farbtüchtigkeit von der Netzhautperipherie zur Netzhautmitte beruht darauf, daß in dieser Richtung zunehmend statt der Zweifelt der Organe für das Dämmerungs- und das Tagessehen ein einheitliches Organ für beide auftritt, statt der Stäbchen und der derben Zapfen ein mittleres Organ, die zarten, stäbchenartigen Zapfen. Ein solches einheitliches mittleres Organ ist zu der geschilderten Vereinigung der beiden Sehweisen, in welcher das Farbtönensehen besteht, geeigneter als zwei getrennte Organe. Diese sind dafür wieder für die beiden einzelnen Sehweisen empfindlicher, spezialisierter, die Stäbchen für die Dämmerungs-, die derben Zapfen für die Tageshelligkeit.

Alle Farbenblindheit beruht auf dem Sichbeschränken des Gesichtssinnes auf eine der beiden Sehweisen beim Tagessehen. Die größere Labilität der Tüchtigkeit für Rot und Grün, im Vergleich zu der für Gelb und Blau, beruht darauf, daß Rot und Grün Hervorbringen derselben Helligkeit auf zwei verschiedenen Wegen und daher eine besondere Komplikation des Farbtönensehens bedeuten.

Beim Hervorrufen von Farbtönen durch zwei tonfreie Reize von verschiedener Helligkeit (Farbeninduktion, Talbot-Fechner-Benhamische Scheibe, Streifenmuster usw.) ersetzt die Verschiedenheit der Lichtstärken die Verschiedenheit der Dämmerungs- und Tageshelligkeitswertung bei der Farbtönenwirkung eines Reizes. Jene

Anordnungen bilden sozusagen die Farbtönen-Stereoskopie oder -Stroboskopie¹¹⁾.

III. Psychophysik.

1. Die Helligkeitsreizungen des Spektrums.

Das Spektrum ist eine Mannigfaltigkeit von zwei Dimensionen, der Schwingungsfrequenz (reziproke Wellenlänge) und der Schwingungsenergie (Intensität). In der ersteren Dimension wächst das Spektrum von seinem weniger brechbaren zu seinem brechbareren Ende, in der zweiten nimmt es ab¹²⁾.

Die Helligkeitsverteilung im Spektrum wird durch folgende Sätze bestimmt:

1. Die Helligkeit wächst mit der Schwingungsfrequenz.

2. Sie wächst mit der Schwingungsenergie.

3. Sie nimmt von den Stellen des Gelb und des Grün (Gegend der Fraunhoferschen Linien *D* und *E*) angefangen nach den beiden Enden zu allmählich ab. Wir wollen diese dritte Variable der Helligkeit die *Exzentrizität* nennen. Es handelt sich in ihr vielleicht in geringerem, anfänglichem Maße um denselben unbekannten Umstand, demzufolge die äußersten Enden des physischen Spektrums ganz unsichtbar sind.

Diese drei Variablen wirken auf die folgende Weise zusammen:

Beim äußersten Dämmerungssehen richtet sich die Helligkeitsverteilung nach der Schwingungsfrequenz, was aber durch die Exzentrizität modifiziert wird.

Beim guten Tagessehen richtet sich die Helligkeitsverteilung nach der Schwingungsenergie mit Modifikation durch die Exzentrizität.

Zwischen diesen beiden Bedingungen ist eine entsprechende Zwischenverteilung der Helligkeit vorhanden.

Betrachten wir nun das Ergebnis dieser Bestimmungen für jenes progressive, weder im Rot verharrende, noch dasselbe wiederaufnehmende, Gebiet des Spektrums, in welchem die Grenzöne aufgerollt werden, allerdings mit der Einschränkung, daß der Grenzton Rot nicht, sondern nur sehr rötliches Rotgelb vorhanden ist. Es ist dies das Gebiet zwischen der Schwingungsfrequenz 450 (Gegend von *B*) und 640 Billionen/sec (etwas nach *F*).

Beim äußersten Dämmerungssehen ist die Stelle des Rot schwarz, die des Gelb mittelgrau,

¹¹⁾ Zur Skizzierung einer Theorie des Simultan- und Sukzessivkontrastes, welcher eine über die Farbtöne, ja über den Gesichtssinn hinausgehende allgemeine Erscheinung ist, fühle ich mich hier nicht verpflichtet. Es genügt hier auf die Gegensätzlichkeit der in den kontrastierenden Farbtönen enthaltenen Helligkeitsschritte hinzuweisen.

¹²⁾ S. über das letztere *Melloni*, angeführt bei *Helmholtz*, Hdb. d. physiol. Optik, 1. Aufl., S. 316, und *Langley*, Energy and Vision in American Journal of Science, III. Series, vol. 36 (1888), p. 359. Nach *Langley* beginnt allerdings diese Abnahme erst etwa bei $\lambda = 650 \mu\mu$, während vom äußersten Rot bis dahin eine Zunahme der Energie stattfindet; doch ist dies für das Folgende belanglos.

die des Grün weiß, die des Blau wieder mittelgrau; diese Helligkeiten können durch die Zahlen 0, 1, 2, 1 ausgedrückt werden. Sie können auf die obengenannte Zusammenwirkung der Schwingungsfrequenz und der Exzentrizität als Variablen der Helligkeit auf das beste zurückgeführt werden.

Beim guten Tagesssehen ist die Rotstelle mittelhell, die Gelbstelle hell, die Grünstelle mittelhell, die Blaustelle nahezu dunkel; diese Helligkeiten können durch die Zahlen 1, 2, 1, 0 bezeichnet werden, also durch die Umkehrung der für das äußerste Dämmerungssehen geltenden Zahlenreihe. Auf diesem Gebiete des Spektrums nimmt nun aber die Schwingungsenergie mit großer Annäherung linear ab, und das Verhältnis der Schwingungsenergien an den beiden Enden dieses Gebietes ist genau umgekehrt dasselbe wie das Verhältnis der Schwingungsfrequenzen, ebenso an den Stellen des Gelb und Grün¹³⁾. Der Gang der Schwingungsenergie ist also sehr annähernd umgekehrt derselbe wie der der Schwingungsfrequenz. Die Helligkeitsverteilung beim guten Tagesssehen erklärt sich also wieder auf das beste aus dem obengenannten Zusammenwirken der Schwingungsenergie und der Exzentrizität beim Tagesssehen.

Zwischen den Stellen der vier Grenztöne (Rot annähernd) ändert sich die Helligkeit sowohl beim äußersten Dämmerungs- wie beim Tagesssehen entsprechend.

Die Tatsache, daß die Farbentöne in dem von uns abgegrenzten Gebiete des Spektrums einander in der Ordnung ihrer Verwandtschaft und kreisförmig folgen, läßt sich also, wenn wir die Farbentöne mit den Purkinjeschen Schritten identifizieren, auf das einfachste darauf zurückführen, daß die Schwingungsfrequenz von dem einen zum anderen Ende dieses Gebietes stetig zunimmt, die Schwingungsenergie zu ihr gegenläufig ist, an beiden Enden aber die Exzentrizität vorhanden ist, also auf die Natur der Reize oder, was die Exzentrizität betrifft, zumindest auf die Helligkeitsreizungen. Dies bildet einen der stärksten indirekten Beweise für die Richtigkeit jener Identifizierung. Hingegen ist nach der gangbaren Theorie, welche in den Farbentönen, von der Zurückführung der Übergangstöne auf die Grenztöne abgesehen, unanalysierbare Qualitäten erblickt und diese aus mit den Reizen in inhaltlichem Zusammenhang nicht stehenden Erregungen hervorgehen läßt, jene Reihenfolge ganz unerklärlich. *Hering* (a. a. O., S. 273) gesteht selbst zu, daß er sie „höchst wunderbar“ findet. Damit richtet er aber selbst seine Theorie.

Wir wollen nun auch die beiden Endgebiete des Spektrums besprechen. Das Rot vor *B* bedarf keiner Erörterung; es genügt der Hinweis auf die Exzentrizität, welche die etwaige zentri-

fugale Zunahme der Schwingungsenergie ausgleicht. Was das Violett am anderen Ende des Spektrums betrifft, so besteht, wie wir sagten, ein mehr blaues als rotes Rotblau im Schritt von 0,9 zu 0,1, von 0,8 zu 0,2, von 0,7 zu 0,3, von 0,6 zu 0,4. Das erste Glied dieser Schritte haben wir nun im Dämmerungsspektrum durch die Exzentrizität; hingegen haben wir im Tagesspektrum nicht das zweite Glied, da das Blau schon die Helligkeit 0 besitzt. Nun ist aber das spektrale Violett ein Dunkelrotblau, es geht nach unserer Theorie aus der sekundären Verdunklung jener Schritte hervor. Diese Unreinlichkeit einer spektralen Farbe schädigt unsere physiologische Theorie nicht, denn zur Konstituierung des Farbentonsystems, einschließlich des Rotblau, genügen die Purkinjeschen Schritte im Gebiete von Rot bis Blau. Und besteht reines Rotblau aus den Übergangsschritten zwischen spektralem Rot und Blau, so muß das spektrale Violett als Dunkelrotblau erscheinen und aus sekundärer Verdunklung dieses Rotblau hervorgehen. Wir müssen daher auch schließen, daß die Purkinjeschen Schritte, in denen die Schakte für die Farbentöne bestehen, nur diejenigen innerhalb des von uns abgegrenzten Spektrumgebietes stattfindenden sind, mit Einschluß der Übergangsschritte zwischen Rot und Blau.

2. Kritisches.

Die Farbentöne, als die Purkinjeschen Schritte angesehen, stehen zu ihren Reizen in einem sehr einfachen Verhältnis, wenn wir in diesen Reizen außer der Dämmerungsvariablen der Schwingungsfrequenz und außer der Tagesvariablen der Schwingungsenergie als fortwährende Variable der Helligkeit auch die Exzentrizität anerkennen. Dieses Verhältnis ist nicht weniger einfach und durchsichtig als das Verhältnis zwischen Empfindungs- und Reizstärke oder zwischen den räumlichen und zeitlichen Eigenschaften der Empfindung und des Reizes auf allen Sinnesgebieten. Der Farbenton ist nicht weniger ein annäherndes Abbild des Reizes, als diese Empfindungsinhalte. Das Glühen (die Wärme) des Rot und Gelb in der einen, das Dunkeln (die Kälte) des Grün und Blau in der anderen Hälfte des Farbentonkreises ist das Abbild der geringen Schwingungsfrequenz, der großen Schwingungsenergie in der einen Hälfte des von uns abgegrenzten Gebietes des Spektrums, des umgekehrten Verhältnisses in der anderen; das Dasein eines dunklen Tones (Rot, Blau) neben einem helleren (Gelb, Grün) in beiden Hälften des Farbentonkreises und die Konvergenz von Rot und Blau ist das Abbild der Exzentrizität in den beiden Hälften dieses Spektrumgebietes. Anders wäre es, wie gesagt, der wunderlichste Zufall, daß die Farbentöne einander im Spektrum in ihrer psychologischen Ordnung folgen. Das Farbtonsehen ist letzten Endes nichts anderes als Weiterregistrieren der Fre-

¹³⁾ Vgl. *Langley*, a. a. O. — S. auch *Wundt*, Grdz. d. physiol. Psychologie, 6. Aufl., Bd. II, S. 146.

quenzhelligkeit bei aller Änderung der Lichtstärke; Rot und Grün z. B. heißt für zwei nach ihrer Schwingungsenergie und Exzentrizität mittelhelle Lichter weiterregistrieren, daß das eine nach seiner Schwingungsfrequenz und seiner Exzentrizität schwarz, das andere weiß ist. Der in sich zurückkehrende psychologische Farbertonkreis, die einander kreuzenden Kurven der relativen Dämmerungs- und der relativen Tageshelligkeiten und die einander gleichfalls kreuzenden Dämmerungs- und Tagesreizkurven, von denen die erstere mit der durch die Exzentrizität modifizierten Frequenzgeraden, die zweite mit der durch die Exzentrizität modifizierten Energiengeraden identisch ist: diese drei Mannigfaltigkeiten sind letzten Endes ein und dieselbe Mannigfaltigkeit, natürlich aber mit der Abweichung der Helligkeitskurven von den Reizkurven. Der durch Johannes Müller und Helmholtz in der Physiologie und Psychophysik eingebürgerte Satz, daß die Qualität nicht Abbild des Reizes sei — wobei es also zwei in ihrer allgemeinen Natur ganz verschiedene Arten von Empfindungsvorgängen gäbe, eine abbildende für die Stärke, das Räumliche und Zeitliche, und eine nichtabbildende für die Qualität —, gilt für den Farbenton nicht¹⁴). Die Lehre, nach welcher die Farbentöne dadurch entstanden, daß Reize im Organismus ihnen gegenüber ganz heterogene Erregungen oder Auslösungen bewirken würden,

ist unrichtig und beruht auf dem Mangel einer richtigen Analyse sowohl der Empfindung wie des Reizes. Freilich, wer in Rot und Gelb nicht ein Glühen des Schwarz und des Mittelgrau, in Grün und Blau nicht ein Dunkeln des Weiß und des Mittelgrau sieht, der wird dies nicht anerkennen können. Aber ebenso würden Menschen, die die verschiedenen Schallstärken nicht als quantitatives Continuum, sondern als so viele gesonderte Qualitäten empfänden, nicht anerkennen können, daß die Schallstärken das quantitative Continuum der Reizstärken annähernd abbilden. Einem solchen Mangel an Fähigkeit des Anschauens ist keine Theorie gewachsen. Den Verfasser dieser Zeilen führte zu den hier dargelegten Ansichten das geschilderte, für ihn bestehende Aussehen der Farbentöne. In diesem seinem Schauen ist er mit Männern wie *Aristoteles*, *Goethe* und *Schopenhauer* einig. Demjenigen, der dieses Schauen nicht teilt, fällt die Aufgabe zu, jene Tatsache, welche im ersten Satze des I. (psychologischen) Kapitels der vorliegenden Arbeit ausgesprochen wurde, auf eine andere Weise näher zu beschreiben und zu erklären. Denn diese Tatsache wird doch wohl allgemein anerkannt werden.

¹⁴) Er gilt überhaupt für keine Qualität. S. hierüber das 4. Heft der oben angeführten Schriften des Verfassers. Dort wird auch dargelegt, daß alle Qualitäten Stärkegestalten sind.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über den Zeemaneffekt bei der Resonanzfluoreszenz.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit haben R. W. Wood und A. Ellet (Proc. of the Roy. Soc. 103, 396, 1923) den Einfluß schwacher magnetischer Felder auf die Polarisation der Resonanzfluoreszenz untersucht. Bei Anregung der Fluoreszenz von Gasen mit linear polarisiertem Licht ist theoretisch zu erwarten, daß die Fluoreszenzstrahlung ebenfalls linear polarisiert ist. Experimentell ist diese Erscheinung von Dunoyer, Wood und anderen bei den Alkalien und bei Jod bestätigt worden. Darüber hinaus ist festgestellt, daß Zusammenstöße angeregter Atome mit anderen Atomen die Fluoreszenzstrahlung depolarisieren. Der neue Einfluß, den Wood beobachtet hat, besteht nun darin, daß bei der Resonanzfluoreszenz von Quecksilber schon Felder von weniger als 1 Gauß einen starken Einfluß auf die Polarisation haben. Daher kommt es, daß bei früheren Untersuchungen im Quecksilberdampf ganz verschiedene Polarisationsverhältnisse beobachtet worden waren, je nach der Orientierung der Apparatur gegen das Erdfeld. Als Wood seine Untersuchungen auf Natrium ausdehnte, fand er, daß hier erst Felder von 100 Gauß die Polarisation beeinflussen. Erhöhung der Feldstärke — innerhalb gewisser Grenzen — änderte anscheinend an dem Effekt nichts. Sehen wir vorläufig von diesem quantitativen Unterschied ab, so lassen sich im übrigen die von Wood an Na und Hg beobachteten Erscheinungen gemeinsam behandeln.

Die Versuchsanordnung von Wood sei in Fig. 1 kurz skizziert. In Richtung \mathcal{E} falle das erregende

Licht, dessen elektrischer Vektor vertikal in der Zeichenebene liegt, auf das Resonanzgefäß R. H_1 , H_2 und H_3 sind die Richtungen der magnetischen Felder



Fig. 1

bei den nacheinander ausgeführten Versuchen. Beobachtet wird senkrecht zur Zeichenebene, und zwar ohne magnetisches Feld lineare Polarisation. Wirkt das Feld H_1 , so wird die Polarisation in der Beobachtungsrichtung verstärkt, in diesem Falle nach Angabe von Wood bei Na von 5 %¹⁾ auf 30 %, bei kaltem Hg-Dampf von 50 % auf 90 %. Der elektrische Vektor schwingt hierbei vertikal (parallel \mathcal{E}). Dreht man das Feld, wie in Fig. 1 angedeutet, so dreht sich auch der elektrische Vektor des polarisierten Anteils des emittierten

¹⁾ Dunoyer hat ohne Magnetfeld bei Na unter ähnlichen Bedingungen bis zu 20 % Polarisation, bei Rb und K sogar bis zu 50 % bzw. 40 % beobachtet. Dieser Unterschied der Resultate von Wood und Dunoyer in bezug auf das Natrium einerseits und die Differenz von Woods Resultaten bei Na und Hg andererseits könnten vielleicht durch verschiedene Stärke von beigemengten Gasen erklärt werden. Natrium läßt sich bekanntlich nur bei Anwendung allergrößter Vorsicht genügend entgasen.

Lichtes, verkleinert sich dabei und wird in der 45°-Stellung (Feld H_2) Null (Fig. 2). Dreht man das Feld



Fig. 2.



Fig. 3.

weiter, so vergrößert sich der elektrische Vektor wieder und erreicht in der 90°-Stellung (Feld H_3) seine frühere Größe und Richtung (Fig. 3).

Liegt \mathcal{E} senkrecht zur Zeichenebene (Fig. 4), so



Fig. 4.

wird in der alten Beobachtungsrichtung ohne magnetisches Feld keine, mit Feld H_1 starke Polarisation beobachtet. Der elektrische Vektor schwingt senkrecht wie im ersten Fall. Dreht man das Feld um 90° (von Richtung H_1 über H_2 nach H_3), so dreht sich der elektrische Vektor des polarisierten Anteils des emittierten Lichtes ebenfalls um 90°, ohne seine Stärke zu vermindern (Fig. 5). Beobachtet man jedoch in der

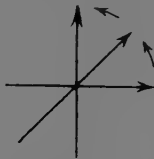


Fig. 5.

Richtung des Feldes H_3 selbst, so erhält man keine, beobachtet man in der Primärstrahlrichtung, so erhält man wieder lineare Polarisation.

Darwin gibt auf Veranlassung von *Wood* hin eine ganz formale Erklärung dieser Erscheinungen. Er nimmt zwei Arten von Erregungen an, eine zirkuläre und eine oszillatorische. Die Ebene der Zirkulation steht senkrecht, die der Oszillation liegt parallel dem Magnetfeld. Je nachdem der elektrische Vektor des einfallenden Strahles parallel der zirkulären oder oszillatorischen Schwingung liegt, wird die eine oder die andere Schwingung angeregt. Diskutiert man nun die einzelnen Fälle durch, so erhält man in der Tat die beobachteten Polarisationsverhältnisse.

Deutet man, was *Darwin* allerdings nicht tut, die zirkuläre bzw. oszillatorische Schwingung nach der Lorentzschen Theorie des Zeemaneffektes²⁾ als rotato-

²⁾ Die Übertragung dieser klassischen Methode zur Berechnung des Zeemaneffektes in die quantentheoretische ist natürlich nach den bekannten Verfahren aus-

rische bzw. oszillatorische Komponente der Bewegung des Valenzelektrons, so erhält man bei der Absorption des erregenden Lichtes den bekannten inversen, bei der Reemission den direkten Zeemaneffekt, so daß man die von *Wood* beobachteten Erscheinungen nicht als neuen magnetischen Effekt aufzufassen hat, sondern sie wohl auf einen Zeemaneffekt zurückführen dürfte. *Wood* meint einen Zeemaneffekt ausschließen zu müssen, weil die Aufspaltung bei so geringen Feldstärken nur einen kleinen Bruchteil der Verbreiterung der Linien durch den Dopplereffekt der Temperaturbewegung betrifft und daher von ihm nicht beobachtet werden konnte. Diese Überlegung besteht jedoch nicht zu Recht, da nach unserer Auffassung nur die Polarisationsverhältnisse maßgebend sind.

Der Fall liegt hier ganz ähnlich wie bei dem von *Hale* geführten Nachweis des Zeemaneffektes im Sonnenspektrum (siehe den zusammenfassenden Bericht von *Enden* in den Naturwissenschaften 9, 916, 1921). Hier sind die Linien breit gegenüber der Aufspaltung. Trotzdem konnte *Hale* die Aufspaltung einiger Linien im Magnetfeld der Sonne (etwa 50 Gauß) dadurch nachweisen, daß er die eine der polarisierten Komponenten durch Anwendung von Polarisationsoptik zum Verschwinden brachte und die hierdurch verursachte Verschiebung der Linien maß. Wiggins hat für die schmale Resonanzlinie 2536,7 Å, wie sie auch hier von *Wood* benutzt wurde, *Mahnowski* (Ann. d. Phys. 44, 935, 1914) die direkte Aufspaltung bei Feldern etwas über 100 Gauß nachweisen können, indem er zeigte, daß die durch das Magnetfeld verstimmte Linie von Hg-Dampf weniger absorbiert wird als die unverstimmte.

Die Untersuchung der Polarisationsverhältnisse ist offenbar nur ein bequemeres Mittel zum Nachweis von magnetischen Aufspaltungen, die so klein sind, daß sie sich den normalen Beobachtungsmethoden entziehen. Das legt den Gedanken nahe, kleine Starkeffektaufspaltungen ebenfalls auf diese Art nachzuweisen. Das hat bei wasserstoffähnlichen Spektren ein besonderes Interesse, da hier nach *Bohr* ein äußerst geringer Stark-effekt zu erwarten ist. In der Tat haben auch *Paschen* und *Gerlach* (Phys. Zs. 15, 489, 1914) vergebens versucht, die Beeinflussung der Absorption und der Resonanzfluoreszenz im Hg-Dampf durch elektrische Felder nachzuweisen. *Ladenburg* (Phys. Zs. 22, 549, 1921) ist es dann gelungen, bei Natrium eine Verschiebung der D-Linien in Absorption bei Anwendung extrem hoher Felder zu finden.

Es wird daher zurzeit von mir versucht, durch Untersuchung der Polarisationsverhältnisse für die Resonanzstrahlung des Quecksilbers den Starkeffekt nachzuweisen.

Göttingen, den 28. Juni 1923.

W. Hanle.

II. Phys. Inst. der Universität.

zuführen; sie unterbleibt hier aus Bequemlichkeitsgründen. Auf eine Diskussion der entsprechenden Verhältnisse bei dem anomalen Zeemaneffekt wird aus demselben Grunde verzichtet.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Die moderne Insektenbekämpfung in den Vereinigten Staaten. Unter diesem Titel veröffentlicht I. C. Th. Uphof (Orlando-Florida) eine sehr interessante Arbeit in der Zeitschrift für angewandte Entomologie Bd. 9, Heft 2 (Verlag P. Parey), Berlin 1923. Der Verfasser weist im ersten Teil auf die Erfolge hin,

welche man in den Vereinigten Staaten mit der biologischen Bekämpfungsmethode erzielte. Letztere besteht darin, die natürlichen Feinde der Großschädlinge zu ihrer Vernichtung heranzuziehen. Wir entnehmen der Arbeit die wichtigsten Daten. Um den Lesern der Zeitschrift, welche diesem speziellen Arbeitsgebiete

fernerstehen, gerecht zu werden, füge ich den Uphof'schen Angaben einige Bemerkungen hinzu am Schlusse der Ausführungen. Das erste Beispiel, welches Uphof bringt, ist in Fachkreisen schon länger bekannt. Es handelt sich um die Bekämpfung der Schildlaus *Icerya purchasi* mit Hilfe des Käfers *Novius cardinalis*. Genannte Schildläuse waren aus ihrer australischen Heimat, ohne ihre natürlichen Feinde, in Kalifornien eingeschleppt worden und vermehrten sich katastrophal in den Zitrusplantagen. Erst nach mühevoller Arbeit gelang es den Käfer *Novius cardinalis* ebenfalls in Kalifornien einzuführen und in großem Umfange zu züchten. Der Käfer wurde ausgesetzt und hatte bald ganze Arbeit gemacht, d. h. die verheerenden Schildläuse vernichtet. — Von einem ähnlichen Falle berichtet Uphof von den Hawai-Inseln. In Zuckerrohrplantagen hatte sich um 1902 die Zikade *Perkinsiella saccharicida*, die etwa 1898 erst eingeschleppt worden war, ungeheuer vermehrt. Man holte deshalb die zugehörigen Parasiten, unter anderen vor allem Schlupfwespen, ebenfalls aus Australien, züchtete sie im großen und setzte sie aus. Daraufhin erfolgte im Jahr 1915 ein Massensterben des Schädlinge, welches durch die Schlupfwespe *Paranagrus optabilis* hervorgerufen worden war. Durch die gleichen Mittel hatte man die besten Erfolge gegen den auch auf den Hawai-Inseln verheerenden Käfer *Rhabdocnemis obscurus*, dessen Parasiten man aber aus Neu-Guinea holte.

Gegen den Schwammspinner und Goldafter (*Porthesia dispar* und *Euproctis chrysorrhoea*) führte man unter anderen Parasiten auch die Schlupfwespe *Schedius kawanae* aus Japan ein. Gruppenweise wurden sie ausgesetzt, vermehrten sich und finden sich jetzt zu Millionen an Stellen, wo *Porthesia* ihre Eier ablegt. Es ist also, nach mancherlei Fehlschlägen, ein sicherer Erfolg mit der biologischen Bekämpfungsmethode erzielt worden.

Um die auf Citrusarten höchst schädlichen schwarzen Schildläuse *Saissetia oleae* in Kalifornien zu bekämpfen, führte man aus Südafrika einen ihrer Parasiten (*Aphyus Lounsburyi*) ein und hatte mit diesem Vorgehen Erfolg. Letzterer Fall bietet noch ein besonderes Interesse. Bisher hatte man die von den schwarzen Schildläusen befallenen Citrusplantagen mit Blausäure begast. Dieses Vorgehen führte zwar zum Ziel, d. h. die Schildläuse wurden vernichtet, doch befriedigte der Ertrag der Plantage nicht mehr voll, und deshalb ging man zum geschilderten Verfahren über.

Weiterhin macht Uphof Mitteilung über Erfolge der biologischen Bekämpfungsmethode unter Zuhilfenahme von insektenparasitären Pilzen. Man ging, besonders in Florida, in der Weise vor, daß man die Pilze in Reinkulturen züchtete, in Wasser aufschwemmte und an Ort und Stelle verspritzte, wobei sich als beste Spritzzeit die regenreichere Sommerperiode erwies. Die Wirkung der Pilze tritt aber nicht sofort auf, sondern erst nach 3—5 Wochen. Als insektentötende Pilze führt Uphof an: *Aegerita Webberi*, *Sphaerostilbe coccophila*, *Mikrocera fugikuroi*, *Ophioneetra coccicola*, *Aschersiona cubensis* und andere mehr. Diese Pilze sind für die so schädlichen Schildläuse: *Dialeurodes citri*, *Aspidiotus perniciosus* (die San-José-Schildlaus), *Lepidosaphes Gloverii* und noch verschiedene andere Arten höchst gefährlich. Welche Bedeutung diese Pilze als Insektenvernichter haben, geht aus diesbezüglichen Versuchen hervor. Bespritzt man nämlich Bäume, deren Schildläuse von Pilzen obiger Art befallen sind, mit Kupfer-Kalkbrühe, so gehen die Pilze durch die Giftwirkung des Kupfers zugrunde. Nach einiger Zeit vermehren sich die schäd-

lichen Insekten von neuem sehr stark. Genannte Pilze halten also die Insekten gleichsam in Schach. Außer den insektentötenden Pilzen sind, wie Verfasser angibt, auch insektentötende Bakterien (z. B. *Micrococcus nigrofaciens*) zur Vernichtung herangezogen worden, und entsprechende Versuche damit wurden bereits in die Wege geleitet.

Der zweite Teil der Arbeit ist nicht minder interessant. Uphof macht Mitteilung über die Benutzung von Flugzeugen zur Schädlingsbekämpfung im Staate Ohio. Die Versuche, die angestellt wurden, brachten ein überraschend glänzendes Resultat. Die Versuchsbedingungen waren folgende:

Eine Plantage von 240 m Länge und 100 m Breite, mit 4815 *Catalpa speciosa*-Bäumen von 8—10 m Höhe bestanden, wurde in folgender Weise behandelt: Bei günstiger Witterung überflog das Flugzeug etwa sechsmal mit 120 km Geschwindigkeit gegen den Wind das Feld. Durch eine besondere regulierbare Vorrichtung zum Zerstäuben wurden während des Fluges etwa 80 kg Bleiarsenat in 54 Sekunden (!) ausgestreut. Die Verteilung des Bleiarsenatpulvers war voll befriedigend, und 46 Stunden später konnte man den Erfolg der Bekämpfung feststellen. Millionen toter Raupen des Falters *Ceratomia catalpae*, welche auf den *Catalpa*-Bäumen gefressen hatten, lagen tot am Boden; die Zahl der überlebenden Tiere wurde auf kaum 1 % geschätzt. Der Versuch hat also gezeigt, daß die Flugzeuge eine große Bedeutung bei der Bekämpfung der Schädlinge zu spielen imstande sind. — Ich kann es mir nicht versagen, bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß der Gedanke, Flugzeuge in den Dienst der Schädlingsbekämpfung zu stellen, auch in Deutschland aufgetaucht ist. Bereits 1919, also zu einem Zeitpunkt, wo nach Uphof noch niemand in Amerika daran dachte, machte Geh. Prof. Haber (Berlin-Dahlem) den Vorschlag, anlässlich einer Kiefernspinnerplage, von Flugzeugen aus geeignete Vernichtungsmittel auszustreuen. Der Habersche Vorschlag konnte nicht zur Ausführung kommen. Einmal waren die Verhältnisse der Nachkriegszeit derartigen Versuchen nicht günstig, dann waren auch andere Widerstände vorhanden, wie stets bei derartigen neuen Gedanken. Daß aber der Vorschlag an und für sich ausführbar war, zeigt der von Uphof mitgeteilte Versuch. Es wäre also zu wünschen, daß man auch bei uns Versuche dieser Art in die Wege leitete.

Einige Schlußbemerkungen seien noch gestattet. Uphof führt natürlich in seiner Arbeit ausschließlich die Fälle auf, wo die biologische Bekämpfung Erfolg hatte, die vielen Fälle, in denen sie versagen mußte, werden nicht angeführt. Anerkennenswert ist, daß die Amerikaner trotz vieler Mißerfolge immer wieder an dieses Problem herantreten sind, da sie sich richtig sagten, daß mit dieser Methode in einzelnen Fällen sicher Erfolge erzielt werden können. Übersieht man die Fälle der Erfolge biologischer Bekämpfungsmethode, so ergibt sich stets, daß die Methode nur dann Erfolg hatte, wenn sie gegen eine Form angewendet wird, die in ihrer neuen Heimat (Amerika) zunächst ohne ihre natürlichen Parasiten lebt, wie z. B. *Icerya purchasi*, *Perkinsiella*, *Porthesia*, *Euproctis* usw. Führt man also die zugehörigen Parasiten zu den Formen späterhin ein, so finden erstere die allergünstigsten Lebensbedingungen an den massenhaft vorhandenen Wirten (sowohl die Schädlinge) und vermehren sich in sehr kurzer Zeit ins Ungeheuer. Die Vermehrung wird

so lange gehen, bis das natürliche Gleichgewicht zwischen Parasiten und Wirt wieder hergestellt ist. Diese Tatsache lehrt uns immer wieder, daß man derartige Erfolge nicht kritiklos verallgemeinern darf und die biologische Methode als das Allheilmittel empfehlen. Sondern man muß sich immer klar sein, daß gerade bei dieser Methode eine sehr sorgfältige Voruntersuchung am Platze ist, um zu prüfen, was sie etwa zu leisten imstande ist. Bei unseren Schädlingen ist sie sicher vielfach gar nicht möglich, die Bedingungen ihrer Massenvermehrung hat andere Ursachen als das bloße Fehlen der natürlichen Feinde, wie es in Amerika der Fall war. Es werden also biologische, chemische und mechanische Bekämpfungsmethoden stets Hand in Hand arbeiten müssen, um der Großschädlinge Herr zu werden. Welche von diesen drei Methoden die wirtschaftlichste und die erfolgreichste ist, bedarf eingehender wissenschaftlicher Voruntersuchungen.

Abtrecht Hase.

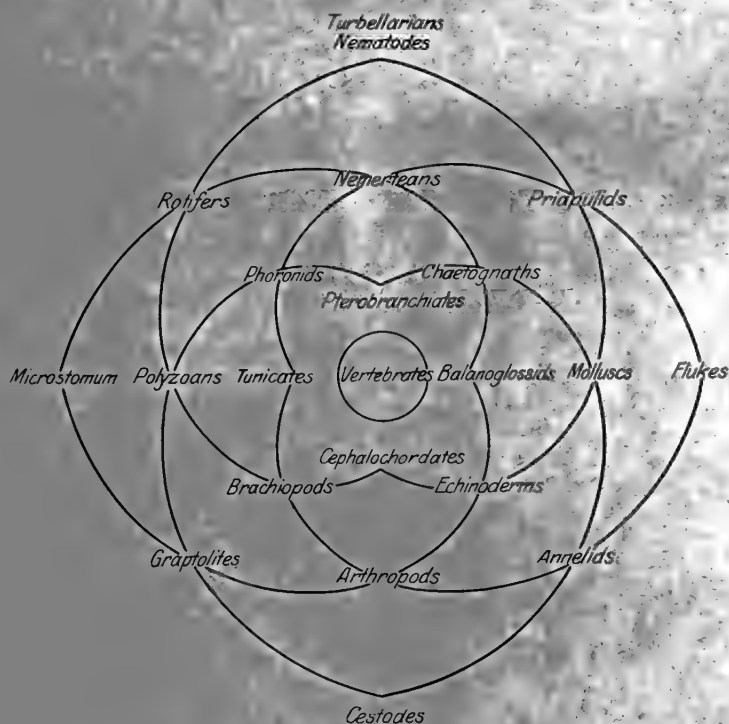
Die Entstehung der Wirbeltiere. Im Journal der Washington Academy of Sciences vom 4. April entwickelt A. H. Clark eine ganz neue Ansicht über den Ursprung der Wirbeltiere. Der Gipfel wirklicher Entwicklung ist für ihn der radiärsymmetrische Cölenteratentypus, die bilateralen Lebewesen sind durch seine Zerspaltung entstanden. Die geometrische Rekombinationsmöglichkeit der dabei auseinandergerissenen Eigenschaften erklärt Entstehung und Notwendigkeit aller Typen!

Das letzte allen Embryogenesen gemeinsame Sta-

3. bilaterale Einzeltiere, jedes einer losgelösten Cölenterateneinheit entsprechend: Turbellarien und Nematoden; 4. bilaterale Einzeltiere, die Kolonien bilden ohne Abhängigkeit voneinander, das Turbellar Microstomum. — Diese 4 Typen vereinigen in sich noch radiäre und bilateralsymmetrische Züge.

Die sogenannte Entwicklung der bilateralen Tiere ist nun keine Entwicklung im Sinne eines Fortschritts von niederen Typen zu höheren, sondern Vereinigung und Auswahl der 4 charakteristischen Züge der 4 Formen, in welche die radiärsymmetrische Cölenteratenkolonie zerfallen ist. Mit anderen Worten: Die sogenannte Entwicklung der Tiere ist in Wahrheit Konvergenz von 4 äquidistanten Punkten zu einem gemeinsamen Zentrum, und die zunehmende Ökonomie kein wirklich phylogenetischer Fortschritt; sie ergibt sich einfach aus der immer innigeren Mischung und dem immer besseren Ausgleich zwischen den Eigenschaften der Bandwürmer, Saugwürmer, Strudelwürmer und des Microstomum — den 4 Eckpunkten des „ursprünglichen Quadrats“.

Diese 4 Eckpunkte repräsentieren aber je einen Tierkomplex in labilem Gleichgewicht; denn da alle vom gleichen Ahn abstammen, besitzt jeder latent die Eigenschaften der anderen drei. Bei plötzlicher Wiederherstellung des Gleichgewichts müssen intermediäre Typen entstehen, zunächst je einer zwischen je zwei der vier Ecken. (Sie werden als Schnittpunkte runder Figuren in drei Abbildungen veranschaulicht,



dium ist ja ein radiäres: die Gastrula also muß der gemeinsame Ahn aller Tiere eine „erwachsene Gastrula“ gewesen sein: das Cölenterat. Durch „einen beharrlichen Defekt in der Ontogenie“ sind gleichzeitig 4 bilaterale Haupttypen aufgetreten, die alle in der heutigen Tierwelt verwirklicht sind: 1. Eine lineare Kolonie: die Bandwurmprogliottiden, aus radiärem Scolex sprossend; 2. bilaterale Tiere mit nach innen gewendeter Koloniebildung: Trematoden (flukes);

deren wichtigste hier wiedergegeben sei. Diese Intermediartypen sind distinkte Schöpfungen und mit keinem der Nachbarn genetisch verknüpft; daß sie ökonomischen Fortschritt zeigen, ist das Resultat der Kombination der Vorzüge der Nachbartypen. Es fehlen ihnen aber noch zwei der vier Grundeigenschaften, daher herrscht noch immer labiles Gleichgewicht und verursacht einen zweiten Ausgleichstoß, an dessen Kreuzungspunkten vier neue Tiertypen die

Charakterzüge der ersten Intermediären vereinigen. Endlich muß logischerweise ein dritter solcher Vorgang („readjustment“ = „Wiederherstellung“) statthaben, welcher die vier Haupttendenzen jedem Tier zuführt. Welche Typen dabei entstehen, zeigt die Figur.

Aber noch immer ist kein Gleichgewicht eingetreten, weil der Einfluß der vier Eigenschaften in jedem Fall verschieden groß ist. Ein „4th readjustment“ stellt einen Ausgleich her und läßt vier ziemlich ähnliche Typen entstehen: Tunicaten, Cephalochordaten, Balanoglossiden und Pterobranchiaten. Sie stehen einander schon so nahe, daß ein 5th readjustment einen einzigen perfekten Typus entstehen lassen muß, in welchem endlich die vier Hauptzüge der Grundtypen in ökonomischer Form wieder vereint sind: — die *Wirbeltiere*, in welchen die Segmentierung der Cestoden und Anneliden vereint ist mit dem Cölombau der Trematoden, beides eingeschlossen im ungeteilten Körper der Turbellarien. —

(Man weise den Verdacht eines Aprilscherzes von sich! Es handelt sich um ein ernstes Symptom der rücksichtslosen Invasion der Mathematik ins Biologiegebiet.)

T. E.

Über die Geotaxis von *Paramecium*. (O. Koehler, Archiv für Protistenkunde Bd. 45, S. 1—94, 1922.) Die mechanische, die Druck- und die Widerstandstheorie zur Erklärung des negativ geotaktischen Verhaltens von *Paramecium* (P.) sind verfehlt; allein die Statocystentheorie vermag den Tatsachen gerecht zu werden. Da sie jedoch von Lyon nur in ganz allgemeiner Form ausgesprochen wurde, bedarf sie, um überzeugend zu wirken, der näheren Bestimmungen. Einzelne oder wenig zahlreiche Tiere, in senkrechte Röhren verbracht, zeigen keine Geotaxis; bringt man sie aber in mit CO₂ gesättigtes Wasser, so steigen sie ohne Abweichungen von der Geraden senkrecht empor, um sich, am oberen Ende angelangt, bis zu ihrem Tode oben zu halten. Noch auffälliger wird diese streng gerichtete Aufwärtsbewegung in dichtbesetzten CO₂-Röhren, wo alle Tiere parallel und unaufhaltsam aufwärts steigen. In ebenso dicht besiedelten Röhren mit gewöhnlichem Wasser dagegen sieht man ein regelloses Durcheinander, und selbst verfeinerte Beobachtung läßt unter Umständen kaum etwas von der Bevorzugung der aufwärtsgerichteten Bewegungen erkennen, die vorhanden sein muß, da die Tiere zuletzt ja doch alle oben versammelt sind („scheinbar ungerichtete Bewegung“). Auch hier sorgen die zahlreichen Tiere durch ihre Ausatmung für eine gewisse CO₂-Spannung. Demnach bildet das Vorhandensein von CO₂ eine unerläßliche Vorbedingung für das Zustandekommen negativ geotaktischer Orientierung. — Bei geringer CO₂-Spannung sind mechanische, chemische und galvanische Reize physiologisch weit stärker wirksam als der Schwerereiz; mit steigender CO₂-Spannung dagegen kehrt sich das Verhältnis um, bis bei CO₂-Sättigung der Schwerereiz alle anderen überwiegt. Wird z. B. am oberen Ende des Steigrohres eine Anode, am unteren eine Kathode angebracht, so erfolgt in der gewöhnlichen Kulturflüssigkeit streng gerichtete Abwärtsbewegung zur Kathode. In CO₂-gesättigtem Wasser aber steigt alles ebenso streng gerichtet und parallel aufwärts zur Anode, und zwar selbst bei starken Strömen.

Werden P. durch starkes Schleudern an den von der Zentrifugenachse am weitesten entfernten Rohrteilen passiv angesammelt, so bewegen sie sich unmittelbar nach Aufhören des Schleuderns mit mehr als das Doppelte der normalen betragender Geschwindigkeit streng gerichtet zur Zentrifugenachse hin: Steht nach

dem Schleudern das Rohr senkrecht unter der Zentrifugenachse, so steigen sie auf, steht es senkrecht über der Achse, so schwimmen sie abwärts; steht es wagerecht links oder rechts von ihr, so eilen sie nach rechts bzw. nach links. Diese streng gerichteten beschleunigten Bewegungen erfolgen also, unabhängig von der Lage des Rohres im Raume, stets zur Zentrifugenachse hin. Auch für das Zustandekommen dieser „negativen Zentrotaxis“ ist eine gewisse CO₂-Spannung unerläßlich: Einzeltiere in normalem Wasser orientieren sich nicht, verhalten sich aber wie im Massenrohre, wenn sie einzeln in CO₂-gesättigtem Wasser geschleudert wurden.

Bringt man P. in eine Suspension von ferrum reductionum, so bilden sich manchmal zahlreiche mit Eisen gefüllte Nahrungsvacuolen. Solche „Eisentiere“ zeigen keine erhöhte Neigung zu negativ geotaktischer Einstellung. Bringt man aber ein enges Röhrchen mit zahlreichen Eisentieren derart mitten auf dem Eisenkern eines einpoligen Elektromagneten an, daß die das Rohr durchsetzenden Kraftlinien alle praktisch parallel und in der Längsrichtung des Rohres verlaufen, so entsteht unter allen Umständen eine polferne Ansammlung. Stellt man das System Magnet-Röhrchen senkrecht auf, so bilden die P. eine negative Ansammlung am oberen Ende des Rohres; legt man es wagerecht, den Magneten links, das Rohr rechts, so gehen die Tiere zum rechten Rohrende; hängt man den Magneten verkehrt senkrecht frei auf, so daß das Rohr unter ihm senkrecht steht, so kommt eine positive Ansammlung am unteren Rohrende zustande, die freilich manchmal unvollständig ist; stets aber bleibt die Polnähe frei von Tieren. Die Geschwindigkeit der schlecht gerichteten Bewegungen, die zur Bildung der Ansammlungen führen, ist im Durchschnitt um die Hälfte größer als die von Eisentieren außerhalb des magnetischen Kraftfeldes unter sonst gleichen Bedingungen. Einzeltiere ließen auch hier in normalem Wasser die für Massenröhrchen beschriebene Orientierung vermissen, für die also wiederum eine nicht zu geringe CO₂-Spannung Vorbedingung ist.

Alle diese Versuchsergebnisse lassen sich durch die Statocystentheorie zusammenfassend erklären. Die „Statocyste“ der Metazoen ist in erster Linie ein tonuserregendes Organ: sie wandelt die Anziehungskraft der Erde in Nervenerregung um, die der Muskulatur zugeführt wird; und zwar geschieht das, indem der Druck oder Zug, den im Verhältnis zu ihrer Umgebung spezifisch schwere (Statolithen) oder leichte (Luftblasen der Wasserwanzen) Körper auf Sinneshaare ausüben, als Reiz wirkt. Bei P. würde es der tonischen Wirkung bei Metazoen entsprechen, wenn verstärkter Druck oder Zug, den Einschlußkörper auf das Plasma des Zelleibes ausüben, erhöhte Tätigkeit der Bewegungsorganellen, d. h. des Cilienkleides auslöst. Der Eisenversuch lehrt, daß hier die Eisenteilchen, also im Verhältnis zu den umgebenen Medien spezifisch *schwerere* Körper, die Rolle von Statolithen spielen dürften; nur sie erleiden nämlich beim Einschalten des Elektromagneten eine verstärkte Anziehung und drücken daher stärker auf das Plasma als allein im Felde der Erdschwere; entsprechend steigt die Bewegungsgeschwindigkeit. Wesentlich stärker ist die Zunahme der Drucke auf das Plasma, die während des Schleuderns von schweren Einschlußkörpern (wohl in erster Linie den *Schewiakoffschen* Kristallen (?) ausgeübt werden, und dementsprechend sehen wir in den Schleuderversuchen noch stärkere Geschwindigkeitszunahmen als bei den Eisentieren am Elektromagneten. — In zweiter Linie üben die Statocysten der Metazoen auch *statische* Funktionen aus: Wenn für ein-

zelne Gruppen von Sinneshaaren getrennte Reizleitung besteht, so wird es möglich, daß bei verschiedener Lage des Organes im Raume bestimmten Muskelgruppen ungleiche Erregungsmengen zufließen, so daß das Organ damit zur Orientierung des Tieres im Raume beiträgt. Auch die P. sehen wir nun im normalen Geotaxisversuche, im Schleuderrohre und im Eisenversuch *gerichtete* Bewegungen ausführen. Der Grad, die Güte der Orientierung zwar hängt von einem Begleitfaktor ab, nämlich der Größe der CO₂-Spannung, der *Sinn* der Orientierung aber läßt sich in allen drei Versuchsgruppen einheitlich durch die folgende Beziehung auf die Statolithen aussprechen: Stets bewegen sich die Tiere in einer Richtung, die derjenigen entgegengesetzt ist, in der die Statolithen auf das Plasma drücken. Vermutungsweise könnte man sich den Mechanismus der Orientierung so vorstellen, daß die subpelliculäre Plasmazone des Vorderendes (in Übereinstimmung mit älteren Befunden) besonders empfindlich gegen die Druckreize der Einschlusskörper ist. Trifft sie ein Druck, was bei jeder *abwärts*führenden Bewegung stattfinden wird, so löst derselbe die Schreckreaktion aus (scheinbar ungerichtete Bewegung durch *phobisches* Verhalten). In CO₂-gesättigtem Wasser nimmt die Viskosität des Endoplasmas nachweislich zu, und das verfestigte Endoplasma wird die Druckreize wirksamer fortgeben als das flüssigere des normalen Tieres, ebenso wie sich ein Schlag auf eine Gallerte über weitere Strecken auswirken wird als ein solcher auf Wasser; so ließe es sich verstehen, wenn jetzt auch an den weniger empfindlichen übrigen Teilen der subpelliculären Schicht (nicht nur des Vorderendes, sondern des ganzen Körpers) von den Statolithen ausgehende Druckreize perzipiert werden. Somit werden nun auch bei schräg aufwärtsgerichteten Bewegungen Druckreize wahrgenommen, und damit sind die Vorbedingungen gegeben, die zu einer *topischen*, streng gerichteten Reaktionsweise führen könnten, wie wir sie bei den CO₂-Tieren tatsächlich beobachten. So würde die sensibilisierende Wirkung der CO₂ verständlich, und man begriffe zugleich, wie derselbe Außenfaktor je nach der Stimmung des Tieres (hier = Viskositätsgrad des Plasmas) bald phobische, bald topische Reaktionen auslöst.

Autoreferat.

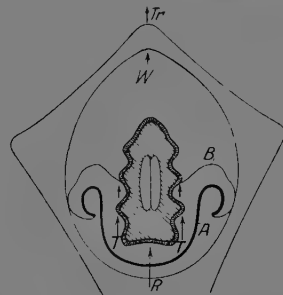
Geotaxis bei dem Seeigel *Centrechinus*. (G. H. Parker. Biol. bull. of the marine biol. laborat. Bd. 43. Nr. 6, S. 374—383, 1922.) *Centrechinus* antillarkum klettert, unabhängig vom Lichte (auch im Dunkeln) und dem Sauerstoffreichtum der Wasseroberfläche (auch wenn diese mit einer Glasscheibe überdeckt ist) an senkrechten Wänden stets aufwärts. Wird eine wagerecht liegende Glasscheibe, auf der der Seeigel sich festgesetzt hatte, senkrecht aufgestellt, so beginnt das Tier sofort mit der Aufwärtsbewegung. Das Tier zeigt also sehr starke negative Geotaxis. — Bei den wagerechten Ortsbewegungen mancher Seesterne und Seeigel läßt sich eine physiologische Vorderseite unterscheiden, d. h. eine solche, die öfter in der Bewegung vorangeht, als jede andere; bemerkenswerterweise ist der führende Radius des von Cole untersuchten Seesternes *Asterias forbesi* (links von der Madreporenplatte) dem führenden des Seeigels *Mellita* (nach Crozier dem exzentrisch gelegenen Anus gegenüber) auch morphologisch gleichwertig, so daß hier Homologie und Analogie zusammenfallen. — Bei der Aufwärtsbewegung von *Centrechinus* dagegen kann jeder der 5 Radien vorangehen, ja es scheint sogar völlige Gleichberechtigung zwischen ihnen zu bestehen. Während also die streng bilateralsymmetrischen Tiere vor Beginn der geotaktischen Wanderung

ihre Hauptachse in die Richtung der Schwerkraft einstellen, tritt der vorwiegend radiärsymmetrische *Centrechinus* seinen Aufwärtsweg mit beliebiger Stellung seiner Symmetrieebene (durch die Madreporenplatte) an. Die Oro-Aboralachse stellt er zwar auch vorher ein, indem er den Mund der Unterlage zuwendet, bevor er aufwärts kriecht. Doch ist das keine geotaktische, sondern eine lediglich stereotaktische Einstellung, wie folgender Versuch zeigt. Sowie das mit wagerechter Oro-Aboralachse frei aufgehängte Tier die senkrechte Glaswand mit seitlichen Körperteilen berührt, wendet es genau so gut den Mund der Glaswand zu, wie ein mit dem Munde nach oben auf eine wagerechte Unterlage gelegtes Tier es auch tut. Die Anfangseinstellung (Mund gegen die Unterlage, sie mag wie immer im Raume orientiert sein) ist also rein stereotaktisch, und allein die nun folgende Aufwärtsbewegung ist als geotaktische Reaktion zu bewerten. Sie erinnert in dem Punkte an den pflanzlichen Geotropismus, daß auch dort kein Radius der radiärsymmetrischen Pflanzenteile bei den Wachstumskrümmungen bevorzugt wird. — Beim Versuch der Erklärung der negativ geotaktischen Reaktion versagt die mechanische Theorie wieder einmal vollkommen; Veri. hängt grundsätzlich der Statocystentheorie an. Vielleicht wird der gerichtete Druck perzipiert, den die Stacheln in ihren Gelenken ausüben, indem ihr Gewicht sie niederzuziehen trachtet. Die Receptorenfrage (sensible Nervenendigungen in den stachelaufrichtenden Muskeln? [Ref.]) ist nicht angeschnitten.

Kochler, München.

Ber. üb. d. ges. Phys. u. exp. Pharm.
Bd. 18, 1923.

Der Mechanismus der Samenauscheidung von *Oxalis*. Zu den zahlreichen Gattungen, deren Samen vermittels eines besonderen Schleudermechanismus verbreitet werden, gehört auch *Oxalis* (Sauerklee). Während sonst aber das Ausschleudern meistens durch die Fruchtwand erfolgt, spielen sich hier die entscheidenden Vorgänge am Samen selbst ab, und zwar liegen die Dinge nach den Untersuchungen von F. Overbeck (Jahrb. f. wiss. Bot. 62, 1923) folgendermaßen: Die Oxalissamen sind von einer Schleuderschicht umgeben, die sich entwicklungsgeschichtlich vom äußeren Integument der Samenanlage herleitet und mehrere Zellagen dick ist; die äußerste Zellage trägt eine sehr derbe kutikulähnliche Außenhaut, die durch das Wachstum und die Turgorspannung des darunterliegenden Gewebes mehr und mehr gedehnt wird, bis sie schließlich reißt, und zwar nicht beliebig, sondern stets an der Längskante, die der Oxalissame der Außen-



wand des Fruchtfachs zukehrt. Nunmehr rollt sich die Schleuderschicht mit außerordentlicher Geschwindigkeit zurück (Querschnittsbild, s. Fig.), und dabei wird der Samen, während die innere Fruchtwand (W) als Widerstand dient, mit solcher Gewalt vorwärts

gestoßen, daß er die äußere Fruchtwand durchschlägt und in weitem Bogen die Luft durchläßt. Sowohl die Stelle, an der die Schleuderschicht aufreißt, als auch jene, wo die Fruchtwand durchstoßen wird (*Tr*), sind anatomisch vorgebildet, und biologisch bedeutungsvoll ist, daß die erst nickenden Fruchtsiele in der Phase, wo die Samen schleuderreif werden, sich spontan aufrichten und so freies Schußfeld schaffen. Immer weisen die Samen an ihrer Oberfläche Rauigkeiten auf, die bei dem gewöhnlichen Sauerklée (*O. acetosella*), auf den sich das Querschnittsbild bezieht, in Form von Längsrippen verlaufen. Auf diese Weise wird beim Abschleudern eine feste Führung erzielt, weil nunmehr beim Aufrollen der Schleuderschicht die vorwärtstreibende Kraft nicht bloß hinten (*R*), sondern auch auf beiden Flanken (*T*) angreift. Messungen an der aufgerollten Schleuderschicht ergaben nun, daß sich nicht bloß die Außenhaut um 35 % kontrahiert, sondern die ursprünglich innerste Zellige, die jetzt infolge der Umkrepelung nach außen schaut, um etwa denselben Betrag gedehnt hat. Es wirken also offenbar bei dem Endergebnis gleichzeitig Kontraktionsbestreben der Außenhaut und Expansionsbestreben der Innenschichten zusammen. Für die Erklärung des hohen Turgordruckes im Innern ist eine Beobachtungstatsache von großer Bedeutung: Während im jungen Samen die Schleuderschicht prall voll ist mit Stärke, verschwindet diese in den letzten Stadien zum größten Teil, wird also zweifellos verzuckert; diese Vermehrung der osmotisch wirksamen Substanz hat zur Folge, daß die Schleuderschicht dem Samen Wasser entzieht und dadurch ihren Turgor so lange steigert, bis die Explosion eintritt.

Der Tierversuch im Dienste der Blütenökologie.

Wohl auf keinem anderen biologischen Gebiet ist so sehr mit Spekulation gearbeitet worden als bei der Blütenökologie, und so ist es lebhaft zu begrüßen, wenn sich neuerdings mehr und mehr das Streben bemerkbar macht, das reiche Hypothesengebäude auf eine experimentelle Grundlage zu stellen. Einen Beitrag nach dieser Richtung liefert eine kurze Mitteilung von *Knoll* (Ber. d. d. bot. Ges. 40, 1922), die sich mit der Frage beschäftigt, ob die Blüte der Muskathyazinthe (*Muscari racemosum*) einen für die Anlockung des Täubenschwänzes (*Macroglossum*) wirksamen Schapparat darstellt. Diese Blüte besteht aus einem glockigen violetten Perigon, das an seiner Öffnung einen den Zipfeln der verwachsenen Blütenblätter entsprechenden Kranz von weißen Zähnen trägt, die nach üblicher Interpretierung dem Insekt den Eingang zum Nektar zeigen. *Knoll* konstruierte nun künstliche Blüten mit Nektarien. Auf einer violetten Scheibe wurden kleine Perforationen angebracht, in die eine mit Zuckerwasser gespeiste Röhre führte. Der Eingang zu diesen „Nektarien“ war durch einen aufgeklebten weißen Ring markiert, der dem weißen Zahnkranz der Muscari-Blüte entsprach. Es zeigte sich, daß die Falter im Flugkasten sehr leicht auf diese Futterquelle dressiert werden konnten. Es bildete sich offenbar eine Assoziation zwischen „Weiß auf Violett“ und „Futter“ aus. Daß nicht etwa eine Geruchsempfindung in Frage kommt, geht aus der Tatsache hervor, daß der Anflug in derselben Weise stattfindet, wenn der Eingang zum „Nektarium“ mit einer durchsichtigen Glasscheibe versperrt wird, die ein Abströmen des Duftes verhindert. An der Stelle des Eingangs ist

dann das Glas mit Rüsselspuren übersät, die den vergeblichen Anflügen entsprechen. Optisch wirksam ist nur Weiß auf Violett und Weiß auf Purpur, nie aber Weiß auf Grau oder Weiß auf Gelb. Es liegen also dem Verhalten des Schmetterlings zweifellos Farbeempfindungen zugrunde, wie dies für andere Insektengruppen schon durch *v. Frisch* (Honigbiene) und von *Knoll* selbst (Blumenfliege) nachgewiesen worden ist.

Ultramikroskopische Mikroben im Waldboden.

Für eine ganze Reihe von Krankheiten — sowohl des tierischen wie auch des pflanzlichen Körpers — ließ sich der Nachweis erbringen, daß sie durch ultramikroskopische Organismen verursacht werden müssen, ohne daß es indes bis jetzt geglückt wäre, die betreffenden Erreger zu gewinnen. Sie haben alle gemeinsam, daß sie die üblichen Bakterienfilter ungestört passieren. Nach gelegentlichen Beobachtungen von *E. Melin* kommen auch im Waldhumus solche jenseits der Sichtbarkeitsgrenze stehende Mikroben vor. *Melin* gelangte zu dieser Feststellung auf Grund folgender Versuchsreihe. Extrakt von Waldhumus wurde mit 3 Filtersorten von großer, mittlerer und kleinster Porenweite filtriert; mit allen 3 Filtraten wurde in üblicher Weise eine Nährgelatine hergestellt und in Platten gegossen. Die Gelatine aus dem groben Filtrat wurde rasch verflüssigt und erwies sich reich an Bakterien, die offenbar die großen Poren passiert hatten. Die Gelatine des feinen Filtrats blieb fest und war offenbar steril. Die Gelatine des mittleren Filtrats endlich wies mikroskopisch keinerlei Bakterien auf, wurde aber trotzdem verflüssigt. Es müssen also proteolytische Fermente darin vorhanden sein. Daß diese nicht einfach aus dem Humus durchfiltriert sein können, folgt aus dem Festbleiben der Platten des feinsten Filtrats; denn es ist nicht anzunehmen, daß die Fermente die feinen Poren nicht hätten passieren können. *Melin* nimmt daher an, daß durch das mittlere Filter ultramikroskopische Mikroben hindurchgegangen sind, die bei ihrer weiteren Entwicklung die gelatineverflüssigenden Fermente ausscheiden. Weitere Untersuchungen von anderer Seite sollen über die daran anknüpfenden Fragen Aufschluß geben.

Über den tagesperiodischen Farbwechsel von Selaginella. Man kann bei verschiedenen Selaginellaarten — sowohl an ihren natürlichen Standorten wie auch in gärtnerischer Kultur die Beobachtung machen, daß ihre grüne Farbe rhythmischen Schwankungen unterlegen ist, und zwar in der Weise, daß sie gegen Abend bleicher erscheinen. Nach neueren Beobachtungen von *K. Sueßenguth* (Biol. Centralbl. 43, 1923) beruht diese Erscheinung, wie schon *Al. Braun* vermutungsweise äußerte, auf der lange dauernden Belichtung, die dahin wirkt, daß sich die grünen Chromatophoren, welche die Hinterwände der Oberhautzellen der Blattoberseite auskleiden, von diesen Wänden lösen und unter starker Kontraktion nach der Vorderwand wandern (positive Phototaxis!). So entsteht an Stelle des homogenen grünen Belags ein grünes Mosaik, das von hellen Feldern umrahmt ist. So stellt sich das Bild aber nur bei mikroskopischer Beobachtung dar, während dem unbewaffneten Auge die Farbe einfach ausgebleicht erscheint. In der Dunkelheit nehmen dann die Chromatophoren wieder ihre normale Lagerung ein, so daß sich der Prozeß von Tag zu Tag wiederholt.

Stark.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 33. (Seite 681—696.)

17. August 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über Mutterkorn. Von *A. Stoll, Basel*. (Mit 1 Abb.) S. 697.

Die Anomalie des Erdmagnetismus und der Gravitation im Kursker Gouvernement. Von *P. Lasareff, Moskau*. (Mit 5 Abb.) S. 705.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 708—712.

Untersuchungen über die Sinnesorgane der Medusen, Methode zur Untersuchung des chemi-

schen Sinnes niederer Tiere, Einfluß der Aethernarkose auf die Heimkehrfähigkeit der Bienen. Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die Dürre-resistenz der Xerophyten. Komplementäre chromatische Adaptation. Der Farbstoff der grünen Bakterien.

Astronomische Mitteilungen. S. 712.

Die kleinen Planeten. Die Entfernungen der B-Sterne.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Pflanzenalkaloide

Von

Dr. Richard Wolffenstein

a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin

Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage

(VIII, 506 S.) 1922. Gebunden GZ. 18

Die Grundzahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 15. August 1923: 700 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten

für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

Nachzahlung für August 1923

Die alle Befürchtungen noch weit übertreffende katastrophale Geldentwertung der letzten Wochen macht es leider unmöglich, den bereits vor länger als 4 Wochen für die Postzeitungsliste angemeldeten Bezugspreis für den Monat August beizubehalten. Der Verlag sieht sich daher zu seinem Bedauern gezwungen, an die Leser im Inlande mit der Bitte heranzutreten, eine

Nachzahlung in Höhe von Mark 150000.—

unter Benutzung des beiliegenden Postscheck-Formulars leisten zu wollen. Der Verlag vertraut darauf, daß diese Nachzahlung unter Berücksichtigung der obwaltenden Verhältnisse als berechtigt anerkannt wird. Bei einem Vergleich mit den Bezugspreisen der besseren Tagespresse wird auch die Höhe der Nachforderung als gemäßigt angesehen werden.

Bezieher, welche die

Naturwissenschaften

durch eine Sortimentsbuchhandlung erhalten, wollen den hierauf Bezug nehmenden Vordruck auf dem Abschnitt der beiliegenden Zahlkarte ausfüllen. Die betreffende Buchhandlung wird dann vom Verlag entsprechend benachrichtigt.

Auch die Post-Abonnenten wollen die Nachzahlung direkt an den Verlag bewirken, da die Post aus betriebstechnischen Gründen die Einziehung nicht übernehmen kann.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin.

Bezugspreis f. September

Der Verlag sieht sich infolge der unaufhaltsam fortschreitenden Teuerung gezwungen, den Postbezugspreis der „Naturwissenschaften“ für den Monat September im Einverständnis mit der Postverwaltung als „freibleibend“ zu bezeichnen. Tritt die Notwendigkeit ein, den Preis zu erhöhen, so wird der Unterschiedsbetrag zwischen dem an die Post bezahlten und dem neuen Preise unmittelbar von unseren Beziehern erbeten werden.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9

Über Mutterkorn.

Von A. Stoll, Basel.

Einleitung.

Untersuchungen über Mutterkorn, insbesondere Forschungen nach den wirksamen Bestandteilen dieser wichtigen Arzneidroge, haben schon seit mehr als hundert Jahren immer wieder eine Reihe von Chemikern, Pharmakologen und Medizinern beschäftigt. Dem Volke waren die sonderbaren Gebilde, die in Form der großen braunen Körner in dem wichtigsten Nahrungsmittel, dem Getreide, gefunden wurden, nachweislich schon im Mittelalter aufgefallen und hatten zunächst zu allerlei mystischen Vorstellungen im Zusammenhang mit den Gottheiten des Feldes Anlaß gegeben. Später, als die Giftigkeit des Mutterkorns erkannt war, erweckte es bei den Ärzten hauptsächlich toxikologisches Interesse, während seit mehr als einem Jahrhundert die therapeutische Wirkung des Mutterkorns in der wissenschaftlichen Medizin verwertet wird und es zu einem wichtigen, in seiner Wirkung bis jetzt nur unvollständig ersetzlichen Heilmittel gemacht hat. So mag es denn wohl für einen weiteren naturwissenschaftlichen Leserkreis von Interesse sein, über die Entwicklung und den heutigen Stand der Mutterkornforschung einen Überblick zu gewinnen, um so mehr, als die Arbeiten über das Aufsuchen der wirksamen Stoffe des Mutterkorns zu einem gewissen Abschluß gebracht worden sind. Die Ergebnisse, zu denen die neuesten Arbeiten geführt haben, bilden nach einer kurzen geschichtlichen Darstellung den Hauptinhalt dieses Aufsatzes.

Unter Mutterkorn (*Secale cornutum*) versteht man bekanntlich das Dauermycelium des Pilzes *Claviceps purpurea*, wie es am auffälligsten als hornförmig abstehende Zapfen an Stelle von Körnern an der Roggenähre zur Zeit ihrer Reife erscheint. Werden diese Körner, die sogenannten Sklerotien, nicht gesammelt und fallen sie zu Boden, so machen sie in dieser Form, reich versehen mit fettigen Reservestoffen, eine Winterruhe durch, bis sie bei Eintritt warmer Witterung, im Frühling, Hyphenbündel und schließlich langgestielte Pilzköpfchen treiben. Diese tragen an ihrer Oberfläche zahlreiche Perithezien, die in schlauchförmigen Gebilden fadenförmige Ascosporen produzieren, die dann sehr leicht vom Winde verweht werden und auf offene Roggenblüten gelangen können. Durch diesen Vorgang ist das Roggenfeld einer ersten Infektionsgefahr ausgesetzt. Die Sporen keimen und zerstören durch das Mycel den Roggenfruchtknoten.

Das Mycel geht sehr bald zur Bildung von Conidien über, die abgeschnürt einen zu gleicher Zeit ausgeschiedenen süßen Saft, den sogenannten Honigtau, massenhaft durchsetzen. Insekten sorgen für die Verschleppung dieses infektiösen Saftes auf andere offene Roggenblüten, die damit von einer zweiten Infektionsgefahr bedroht sind. Aus jeder infizierten Blüte bildet sich bis zur Erntezeit in Form eines Pseudoparenchyms das aus dicht zusammenhängenden Hyphenfäden bestehende Sklerotium, das Mutterkorn. Als solches wird es unmittelbar vor oder bei der Ernte von den Roggenähren abgelesen oder auch erst aus dem gedroschenen Getreide ausgesondert. Die Droge besteht also, biologisch gesprochen, aus einem in der Dauerform lebenden Fadenpilz und nimmt als solcher unter den Medizinalpflanzen eine Sonderstellung ein. Der Pilz gedeiht übrigens nicht nur auf Roggen, er geht als die gleiche oder als biologisch verwandte Rassen auch auf andere Gramineen über. Offiziell ist das auf dem Roggen vorkommende Mutterkorn.

Seit dem Weltkrieg ist das Mutterkorn hauptsächlich infolge des Fehlens der russischen Ware auf dem Markt zeitweise recht gesucht und teuer gewesen. Es wurde daher von verschiedenen Seiten, so von Prof. Falck in Kiel¹⁾ und von Prof. Hecke in Wien²⁾ vorgeschlagen, das Mutterkorn zu züchten, d. h. das blühende Roggenfeld mit dem Pilz künstlich zu infizieren. Man erzeugt zu diesem Zweck auf künstlichen Nährböden (z. B. Bierwürze) aus den Sporen der im Frühling aus dem Sklerotium hervorgewachsenen Pilzköpfchen Reinkulturen von Conidien, die selbst durch Jahre hindurch fortgezüchtet und zu ungeheurer Zahl vermehrt werden können. Eine Aufschwemmung solcher Kulturen wird mit einem Zerstäuber über das blühende Roggenfeld verbreitet und bewirkt unter günstigen Bedingungen einen so reichlichen Anfall von Mutterkorn, daß eine Massenerzeugung möglich und bei hoher Preislage der Droge auch lohnend erscheint.

Das Mutterkorn verdankt seine Bedeutung im Arzneischatze hauptsächlich seiner bisher von keinem anderen Mittel erreichten langanhaltenden kontrahierenden und blutstillenden Wirkung auf die Gebärmutter. Es vermag deren glatte

¹⁾ Pharm. Zeitg. 1922, Nr. 75, 77 und 79, siehe besonders S. 850 und 851.

²⁾ Schweiz. Ap.-Zeitg. 1921, S. 277 und 293, und 1922, S. 45 u. ff.

Muskulatur peripher zu Kontraktionen anzuregen und dadurch die im Muskel verlaufenden Blutgefäße gewissermaßen abzubinden, während andererseits eine kontrahierende Wirkung auf die Gefäßwände eine Verengung der Arterien direkt herbeiführen soll; starke, in manchen Fällen lebensgefährliche Blutungen der Gebärmutter nach der Geburt oder bei krankhaften Veränderungen in gynäkologischen Fällen können auf diese Weise gestillt werden. Die anderen Wirkungsgebiete des Mutterkorns in der Medizin sind zwar mannigfaltig, sie reichen aber in ihrer Bedeutung an das eben erwähnte Anwendungsgebiet in der Geburtshilfe und Gynäkologie nicht heran.

Zur Geschichte des Mutterkorns.

Wie weit die erste Kenntnis der Mutterkornwirkung auf die Gebärmutter zurückliegt, wissen wir nicht; die ersten schriftlichen Aufzeichnungen finden sich in *Adam Lonicerus*' „Kräuterbuch“ in der Auflage vom Jahre 1582, wo Mutterkorn ausdrücklich als Wehenmittel, als uteruskontrahierendes Mittel genannt wird. Die Literaturstellen über die Wirkung des Mutterkorns der folgenden Jahrzehnte fußen vielfach auf dieser Angabe von *Lonicerus* und auf einer etwas jüngeren von *Johannes Thalius* vom Jahre 1588. Eine gründliche und gerade in bezug auf die Literaturangaben wertvolle Zusammenfassung über die ältesten und wiederum über die neueren Arbeiten hat *G. Barger* gegeben, der lange Jahre über Mutterkorn gearbeitet hat und die Ergebnisse seiner literarischen und experimentellen Studien im Jahre 1920 zusammenfaßte in seinem Vortrag „Ergot: Its History and Chemistry“³⁾. Als weitere zusammenfassende, mehr historische Abhandlungen, denen ich die für das Folgende wesentlichen geschichtlichen Angaben entnommen habe, seien hier gleich noch erwähnt die Studien „Zur Geschichte des Mutterkorns“ von *R. Kobert*, ein Vortrag vom Jahre 1887⁴⁾ und aus der neueren Zeit die Arbeit von *Gordon Sharp*, über „Ergot, a short historical Study“ (1910)⁵⁾ und die interessante Abhandlung von *A. Tschirch* in Bern „Hundert Jahre Mutterkornforschung“ (1917)⁶⁾.

Wenn wir die erste Zeit der therapeutischen Anwendung des Mutterkorns durchgehen, so begegnen wir der auffallenden Tatsache, daß das Mittel eigentlich eine Art Volksheilmittel war, das nur von den Hebammen angewandt wurde, bei den Ärzten dagegen nicht gebräuchlich war. Ja, die Ärzte mißbilligten sogar seine Anwendung in der Geburtshilfe. Noch 1778 wurde den han-

noveranischen Hebammen der Gebrauch von Mutterkorn verboten. Es ist nicht anzunehmen, daß die Ärzte die Wirkung auf den Uterus nicht kannten, wahrscheinlich kannten sie aber nur zu gut ihre Gefahren und hatten ihr Interesse überhaupt mehr der *toxikologischen* Seite der giftigen Droge zugewandt, gaben ihnen doch die Verheerungen unter den Menschen bei den sogenannten *Mutterkornepidemien* dazu genug Veranlassung. Wir berühren damit das traurigste Kapitel der Geschichte des Mutterkorns.

Unter Mutterkornepidemie, dem sogenannten *Ergotismus*, verstehen wir die massenhafte Erkrankung von Mensch und Tier infolge des Genusses von mutterkornhaltiger Nahrung. Besonders in Zeiten der Not, manchmal aus Unkenntnis, manchmal wohl auch aus Gleichgültigkeit, haben die Bauern unterlassen, das Mutterkorn aus dem Getreide herauszulesen. So begegnen wir bis in die neueste Zeit hinein, 1906/07 noch in Ungarn, als die Giftigkeit des Mutterkorns schon seit Jahrhunderten bekannt war, immer wieder Mutterkornvergiftungen, wenn auch in kleineren Ausmaßen als im Mittelalter, wo man die Ursache der Erkrankungen anscheinend nicht kannte.

Neben selteneren komplizierteren Krankheitsbildern unterscheidet man besonders zwei Formen des Ergotismus, den *E. gangraenosus*, die Brandseuche, und den *E. convulsivus*, die Krampfseuche.

Die gangränöse Form wird beschrieben als eine Erkrankung, die mit Krabbeln und Pelzigsein in den Fingern, mit Erbrechen und Durchfall beginnt, worauf sich nach einigen Tagen die eigentlichen Erscheinungen der Gangrän einstellen; die Haut wird, wahrscheinlich infolge Schädigung der peripheren Gefäße, an den befallenen peripheren Teilen blauschwarz, die Epidermis hebt sich ab. Bei starken Vergiftungen kann es zum trockenen Brand ganzer Glieder kommen, anfangs unter heftigen Schmerzen, später bei vollständiger Gefühllosigkeit, wobei sich die befallenen Glieder, selbst Arme und Beine vollständig ablösen können.

Die konvulsive Form beginnt mit ähnlichen Symptomen, doch treten dann sehr schmerzhaft Muskelkontraktionen, namentlich der Extremitäten, auf, die schließlich epileptiformen Charakter annehmen, jedoch stundenlang andauern können. Schwere Störungen des Nervensystems sind die Folge.

Schwere Mutterkornvergiftungen führten häufig zum Tode. *Kobert* gibt in der zitierten Arbeit an, daß die Epidemie von 994 etwa 40 000, die Epidemie von 1129 wenigstens 14 000 Menschen dahingerafft habe. Freilich wissen wir bei den Angaben aus früherer Zeit nie sicher, ob der Ergotismus am massenhaften Hinsterben der Menschen allein schuld war, oder ob andere Ursachen, wie Infektionskrankheiten, mitverantwortlich waren. Diesen Zweifeln begegnen wir

³⁾ *G. Barger*, *Pharmaceutical Journal*, November 1920, S. 470.

⁴⁾ *R. Kobert*, Historische Studien aus dem pharmakologischen Institut der Kaiserl. Universität Dorpat, Band I, S. 1, Halle a. S., 1889.

⁵⁾ *Gordon Sharp*, *Pharmaceutical Journal* 85, 38 u. 68, 1910.

⁶⁾ *A. Tschirch*, *Schweiz. Apotheker-Zeitg.* 1917, Nr. 22/26, siehe auch *A. Tschirch*, *Handbuch der Pharmakognosie* Band III, S. 139 u. ff.

in der Literatur besonders in bezug auf die Annahme *Koberts*, daß für zahlreiche Epidemien des Altertums das Mutterkorn die Hauptschuld getragen habe. Doch scheinen manche Epidemien des Mittelalters in ihrer ganzen schrecklichen Wirkung tatsächlich auf Mutterkornvergiftung zu beruhen; die Angaben über die Krankheitsbilder stimmen mit den heute einwandfrei festgestellten Symptomen sehr weitgehend überein. Aus der großen Zahl der Beschreibungen von Mutterkornepidemien, die *Kobert* uns in der erwähnten Abhandlung gibt, sei eine einzige hier ausgewählt. So beschreibt *Flodoardus von Rheims* die gangränöse Epidemie von 945 nach der Kobertschen Übersetzung mit den Worten: „In und um Paris ergriff die Feuerplage die verschiedenen Glieder des menschlichen Leibes, indem diese langsam durch Brand verzehrt wurden, bis endlich der Tod den Leiden ein Ende setzte. Einige der Erkrankten kamen davon, weil sie gewisse heilige Stätten aufgesucht hatten; in Paris selbst wurde eine größere Anzahl in der Notre-damekirche geheilt, und zwar in der Art, daß, so viele nur immer dorthin gelangen konnten, vor dieser Pest bewahrt blieben, welche alle *Hugo von Capet* täglich speiste. Als von diesen einige nach Erlöschen des Brandes ihrer Glieder in ihre Behausung zurückkehren wollten, brach die Brandkrankheit von neuem aus; sie kehrten zur Kirche zurück und wurden von neuem geheilt.“ *Kobert* zieht wohl mit Recht aus dieser Beschreibung den Schluß, daß diese Menschen in der Kirche durch Darreichung mutterkornfreien Brotes geheilt wurden, während sie bei der Rückkehr zu der ungesunden Nahrung von neuem erkrankten.

Gegen Ende des 16. Jahrhunderts, als das Mutterkorn in Ursache und Wirkung näher bekannt war, haben die Epidemien an Zahl und namentlich an Ausdehnung stark abgenommen und doch wurden kleinere Landstriche immer wieder davon heimgesucht; in Deutschland zum Beispiel trat die konvulsive Form noch im 19. Jahrhundert gegen 20 mal auf. Gesetzesbestimmungen, die das Herauslesen des Mutterkorns aus dem Getreide forderten, haben jedoch ihre gute Wirkung nicht verfehlt. Das Säubern des Getreides scheint aber auch in manchen Fällen nötig gewesen zu sein; es wird von *Kobert* angegeben, daß in einigen Gegenden Rußlands noch in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts ein Viertel bis ein Drittel des geernteten Getreides aus Mutterkorn bestanden habe. Rußland war vor dem Kriege denn auch der Hauptlieferant für Mutterkorn.

Es ist ein Glück, daß, wie wir später sehen werden, das natürliche giftige Prinzip des Mutterkorns eine so unbeständige Substanz ist, die beim Aufbewahren und Mahlen des Getreides durch Luftoxydation und beim Backen durch Hitze wahrscheinlich nahezu vollständig zerstört wird; erst ein ziemlich hoher Mutterkorngehalt

des Brotes wird daher bei normalem Brotgenuß Vergiftungserscheinungen hervorrufen. Was schließlich den Ergotismus verursacht, kann nur Zersetzungsprodukt sein, dem ein kleiner Rest von Wirksamkeit geblieben ist; es wäre sonst unerklärlich, warum die Menschen nach Genuß so mutterkornreichen Brotes, wie es nach Beschreibungen manchmal gegessen wurde, nicht an akuten, selbst tödlichen Vergiftungserscheinungen erkrankt sind, während der Ergotismus mehr chronischen Charakter hat.

In Anbetracht der gefährlichen toxischen Mutterkornwirkungen finden wir es begreiflich, wenn die Ärzte noch gegen Ende des 18. Jahrhunderts in der Anwendung von Mutterkorn zu Heilzwecken sehr zurückhaltend waren. Nach *Villeneuve* war es ein Lyoner Arzt, namens *Desgranges*, der 1777 den Gebrauch von Mutterkorn zu geburtshilflichen Zwecken von den Hebammen übernahm.

Der eigentliche Impuls zur wissenschaftlich geburtshilflichen Anwendung scheint 1808 von Amerika gekommen zu sein, durch die Arbeit „Account of the Pulvis Parturiens, a Remedy for Quickening Child-birth“ von *John Stearns*. Es folgten sich dann Abhandlung auf Abhandlung, so daß *Villeneuve* 1827 bereits 90 Publikationen über die medizinische Anwendung des Mutterkorns zählen konnte. Der ehemals gefährliche *Vollstöff* wird nun dank genauerer wissenschaftlicher Untersuchung immer mehr zum wertvollen Heilmittel. Es ist daher auch nicht verwunderlich, wenn die erste bedeutendere chemisch-pharmazeutische Untersuchung über Mutterkorn in das zweite Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts fällt, die *Vauquelin* 1817 veröffentlichte.

Die wirksamen Bestandteile des Mutterkorns.

a) Ihre Arbeiten.

Im Jahre 1806 hatte *Serflüner* den Hauptträger der Opiumwirkung, das *Morphin* als erstes Pflanzenalkaloid entdeckt, und so war es naheliegend, nach dem wirksamen Stoffe des in der Medizin wichtig gewordenen Mutterkorns zu suchen. Während aber die Arbeiten der Autoren, die andere Alkaloiddrogen untersuchten, vielfach erfolgreich waren und in den Jahren 1817, 20 in rascher Folge zu der Entdeckung von *Narkotin*, *Strychnin*, *Veratrin*, *Brucin*, *Chinin*, *Cinchonin* und *Coffein* führten, sagt *Vauquelin*s Arbeit über das aktive Prinzip des Mutterkorns nicht viel aus und es ist der Mutterkornforschung bestimmt gewesen, in den folgenden 100 Jahren manchen Irrweg zu gehen, ohne zu Klarheit zu gelangen. *Tschirch* verleiht diesem Ergebnis Ausdruck, wenn er 1917 in der Einleitung der Abhandlung „100 Jahre Mutterkornforschung“ sagt: „Völlig aufgeklärt ist die Chemie des Mutterkorns auch heute noch nicht.“

In bezug auf die Einzelergebnisse der Arbeiten über Mutterkorn des vorigen Jahr-

hundreds sei auf die zusammenfassende Darstellung von A. Tschirch⁷⁾ und auf die Zusammenstellung der älteren Mutterkornliteratur in der schönen Untersuchung von G. Barger und H. H. Dale⁸⁾ verwiesen. Es werden hier nur einige markante Punkte herausgegriffen und später die Arbeiten näher betrachtet, die für die neuesten Untersuchungen zum Vergleich herangezogen wurden.

Die ersten, die, fußend auf einer für die damalige Zeit guten Arbeit von Wiggers, für den Arzt brauchbare Präparate schufen, die beiden Apotheker Bonjean und bald darauf Bombelon, stellten in den vierziger Jahren gut wirksame wässerige Mutterkornextrakte her. Etwa zur gleichen Zeit fand jedoch der Genter Apotheker Oost das Mutterkornöl wirksam, was von anderen jedoch wieder bestritten wurde. Auf Grund der Beobachtung, daß ein ätherischer Mutterkornextrakt durch Erwärmen mit Kali Ammoniak und Trimethylamin entwickelte, wurden dann im Mutterkorn Alkaloide vermutet und so gelang Wenzell in den 60er Jahren die Gewinnung von zwei unreinen amorphen Alkaloidpräparaten, die er *Ergotin* und *Ecbin* (das Ausstoßende) nannte. Während einige spätere Autoren Wenzells Angaben bestätigen konnten, betrachtete Wernich 1873 die wirksame Substanz als eine Säure, die sogenannte *Sklerotsäure*, eine Ansicht, die auch von Dragendorff mit seinen Schülern durch umfangreiche Untersuchungen in der Zeit von 1875—1884 gestützt wurde. In der Folge finden wir zum Beispiel bei Kobert eine Säure, die *Sphacelinsäure*, und ein Alkaloid, das *Cornutin*, angeblich als physiologisch wirksame Substanzen nebeneinander.

b) Die neueren Arbeiten (*Ergotin*, *Ergotoxin*, *Tyramin*, *Histamin*).

Die Herstellung eines einheitlichen Präparates, das eine genauere chemische Untersuchung erst ermöglichte, gelang zuerst Tanret in seiner schönen, von der Académie des Sciences preisgekrönten Arbeit „Über *Ergotin*“ aus den Jahren 1875—79⁹⁾. Neben dem kristallisierten *Ergotin* fand Tanret ein amorphes Alkaloid, daß er indessen nur für weniger reines *Ergotin* hielt. Der Züricher C. C. Keller bestätigte Ende der 90er Jahre in seinen Schlußfolgerungen die Angaben von Tanret in allen wesentlichen Punkten¹⁰⁾.

Dem kristallisierten *Ergotin* wurde zwar von vielen Autoren in der Folgezeit jede Wirk-

samkeit auf den Uterus abgesprochen¹¹⁾, doch behält Tanrets *Ergotin* seine Bedeutung, weil es in engem Zusammenhang steht mit dem erst 1906 von Kraft¹²⁾ isolierten *Hydroergotin* oder dem damit identischen und zu gleicher Zeit von Barger und Carr¹³⁾ aufgefundenen *Ergotoxin*, das stets nur in amorphem Zustand erhalten wurde und nach den Angaben von Kraft und von Barger und Carr das Hydrat des *Ergotins* von Tanret darstellt. Die beiden Stoffe lassen sich auf chemischem Wege ineinander überführen. *Ergotoxin* bildet kristalline Salze und scheint eine einheitliche Substanz zu sein; es bewirkt Uteruskontraktionen und zeigt auch andere pharmakologische Eigenschaften¹⁴⁾, die dem Mutterkorn eigen sind, doch schienen Ausbeute und Wirkungswert des *Ergotoxins* mit der Wirkung der Ausgangsdroge nicht im Einklang zu stehen.

Die gründlichen und schönen Untersuchungen von Kraft, von Barger und Carr und von Dale haben es ermöglicht, die große Zahl von Alkaloidpräparaten früherer Autoren zu ordnen unter die beiden Typen: *Ergotoxin* und *Ergotin*; manche Präparate stellen Gemische oder Zersetzungsprodukte von beiden dar (s. Kraft, Barger loc. cit.).

Trotz der genaueren Kenntnis des auf den Uterus stark wirkenden *Ergotoxins* schien jedoch die Mutterkornfrage immer noch nicht gelöst. Während Barger und Dale diesem Alkaloid immerhin eine gewisse Bedeutung bei der Mutterkornwirkung zuschreiben und es als spezifischen wirksamen Bestandteil der Droge bezeichnen, spricht Kraft in den Schlußfolgerungen seiner Abhandlung auf Grund pharmakologischer Versuche von Jaquet sowohl *Ergotin* wie *Ergotoxin* jeden Anteil an dem therapeutischen Nutzen der Droge ab. Er schreibt wörtlich¹⁵⁾: „Die Alkaloide sind Krampf und Gangrän erzeugende Gifte, nicht aber die Träger der spezifischen, Uteruskontraktionen hervorrufenden Mutterkornwirkung.“ In bezug auf die Bereitung von Mutterkornextrakten schreibt er¹⁶⁾: „Nach meinen Ausführungen werden die Darsteller gut tun, diese Alkaloide noch sorgfältiger zu entfernen.“

Und doch war die Darstellung des reinen wirksamen Mutterkornprinzips in neuester Zeit

7) Loc. cit., siehe auch A. Tschirchs Handbuch der Pharmakognosie Bd. III, S. 146, und Ap.-Ztg. 1922, S. 1.

8) G. Barger u. H. H. Dale, Biochem. Journal 2, 240, 1907.

9) Ch. Tanret, Compt. rend. 81 (2), 896, 1875; 86 (2), 888, 1878; Ann. Chim. Phys., 5. Serie, 17, 493, 1879.

10) C. C. Keller, Schweiz. Wochenschr. für Chemie u. Pharmacie 34, 121, 1896; siehe auch 32, 121 u. 141, 1894.

11) Siehe beispielsweise H. H. Meyer u. R. Gottlieb, Experiment. Pharmakologie, IV. Aufl. 1920, S. 245.

12) F. Kraft, Arch. Pharm. 244, 336, 1906; 245, 644, 1907.

13) G. Barger u. F. H. Carr, Chem. News 94, 89, 1906; Brit. Med. Journ. 22. Dez. 1906, S. 179; Journ. Chem. Soc. 91, 337, 1907; G. Barger u. A. J. Ewins, Journ. Chem. Soc. 97, 284, 1910; 113, 235, 1918.

14) H. H. Dale, Journ. Physiol. 34, 163, 1906; F. Kraft, loc. cit.; G. Barger u. H. H. Dale, Biochem. Journ. 2, 240, 1907; Archiv f. exper. Path. u. Pharmak. 61, 113, 1909.

15) F. Kraft, Arch. Pharm. 244, 336, s. besonders S. 359, 1906.

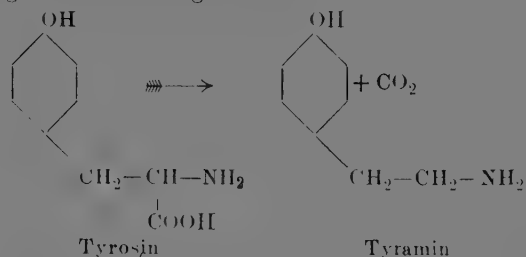
16) Loc. cit., Schluß des Nachsatzes S. 359.

besonders notwendig geworden, als man die Leichtzersetzlichkeit der Droge und der daraus bereiteten Extrakte allgemein erkannt hatte. Nur frisches und unter besonderen Vorsichtsmaßregeln aufbewahrtes Mutterkorn ist für die therapeutische Verwendung brauchbar und auch dabei begegnen wir, je nach der Herkunft und dem Jahrgang der Droge, in der Wirksamkeit großen Schwankungen. Diese Unzuverlässigkeit des Mutterkorns hat denn auch viele Ärzte immer wieder von dessen Verwendung abgehalten. Während früher mehr aus rein wissenschaftlichem Interesse nach dem Träger der Wirkung gesucht wurde, so war für die moderne Therapie, die eine zuverlässige Dosierung der Medikamente unbedingt verlangt, die Isolierung des reinen Mutterkornprinzips, das, mit der Wage dosiert, von allen Schwankungen der Ausgangsdroge unabhängig machen sollte, zu einer praktischen Notwendigkeit geworden. Der Arzt erwartete also von der *praktischen Lösung des Mutterkornproblems*, daß ihm für die therapeutische Anwendung das wirksame Prinzip der Droge in reiner, exakt dosierbarer, haltbarer und womöglich wasserlöslicher Form zur Verfügung stehe.

Ob die spezifische Mutterkornwirkung auf den Gehalt der Präparate an Alkaloid (Ergotoxin) zurückzuführen sei, war auch nach den Arbeiten von *Kraft*, von *Barger* und *Carr* und von *Dale* zum mindesten sehr zweifelhaft geworden, um so mehr, als mit Hilfe des exakten physiologischen Experimentes gezeigt wurde¹⁷⁾, daß manche als wirksam bezeichnete Mutterkornextrakte nur sehr wenig oder gar kein Ergotoxin enthielten. Experimentell fiel namentlich die blutdrucksteigernde Wirkung solcher Extrakte auf; sie erinnerten darin stark an Adrenalin und zeigten die für das Ergotoxin charakteristische von *Dale* entdeckte sogenannte vasomotorische Umkehr der Adrenalinwirkung¹⁸⁾ nicht, sie enthielten also kaum Spuren von Ergotoxin. Als dann *Kehrer* für die Auswertung von Mutterkornextrakten die Verwendung des überlebenden isolierten Uterus empfahl¹⁹⁾ und mit dem schon nach Art der Darstellung ergotoxinarmen Ergotinum dialysatum Wernich in vitro uteruskontrahierende Wirkungen beobachtete, war der Anstoß gegeben, nach anderen wirksamen Stoffen außer Ergotoxin zu suchen, um so mehr, als man damals und bis in die neueste Zeit vielfach an die Möglichkeit der Übertragung der am isolierten Tieruterus gewonnenen Resultate auf die Wirkung beim Menschen glaubte.

Es gelang *Barger* und *Dale* zunächst die Isolierung eines blutdrucksteigernden Stoffes aus Mutterkornextrakt, des p-Oxyphenyläthyl-

amins, des *Tyramins*, das sich vom Tyrosin durch Abspaltung eines Carboxyls ableitet, wie die folgende Gleichung ausdrückt:



Barger und *Dale* erhielten unter Verwendung physiologischer Kontrollversuche aus 1 kg Mutterkorn nur wenige mg des Stoffes und lassen die Frage offen, ob frisches Mutterkorn die Base auch schon enthalte. In ähnlich geringen Quantitäten und unter denselben Zweifeln über die Präformierung in frischer Droge wurde 1910 von *Barger* und *Dale*²⁰⁾ und gleichzeitig von *Kutschner*²¹⁾ das am isolierten Uterus sehr wirksame β -Imidazolyläthylamin, das *Histamin*, das sich ebenfalls durch Verlust eines Carboxyls vom Histidin ableitet, aus Mutterkornextrakten gewonnen.

Man hatte nun also drei physiologisch wirksame Stoffe qualitativ nachgewiesen, nämlich das für Mutterkorn in Vorkommen und Wirkung spezifische Ergotoxin, dann das blutdrucksteigernde Tyramin und das in großer Verdünnung uteruserregende Histamin. Bald ging man aber auch dazu über, das Ergotoxin für die therapeutische Wirkung als entbehrlich zu betrachten, indem man als Mutterkornersatzmittel beide oder auch nur eins der synthetisch zugänglichen Amine empfahl²²⁾. Man übergang vielfach die Zweifel, die *Barger* und *Dale* selbst über die Präformierung dieser proteinogenen Amine in der frischen Droge äußerten und mißachtete die quantitativen Verhältnisse in Vorkommen und Wirkung der Stoffe. Selbst ein Lehrbuch wie das Schmidtsche „Lehrbuch der organischen Chemie“ bezeichnet in der Auflage von 1920 (S. 672) das p-Oxyphenyläthylamin als den Träger der Mutterkornwirkung.

c) Die Isolierung des Ergotamins.

Ende 1917 wurde *A. Stoll* durch die *Tschirsch*-sche Abhandlung²³⁾ auf das interessante Mutterkorngebiet aufmerksam gemacht, auf dem, wie *Tschirsch* sich ausdrückt, „bisher jeder Autor etwas anderes fand als sein Vorgänger“. Der *Tschirsche* Befund ist übrigens bei der Zersetzlichkeit der Droge durchaus verständlich; die

²⁰⁾ *G. Barger* u. *H. H. Dale*, Journ. Chem. Soc. (II), 97, 2592, 1910, u. a.

²¹⁾ *F. Kutschner*, Zentralbl. Physiolog. 24, 163, 1910, u. a.

²²⁾ Siehe z. B. die ausgedehnte Literatur über „Tenosin“ u. „Uteramin“ pro und contra von *Burmann*, *Heimann*, *Jäger*, *Impens*, *Rübsamen* u. a. seit 1912 bis in die neueste Zeit, z. B. Arch. f. Gyn. 114, 500, 1921.

²³⁾ Loc. cit.

¹⁷⁾ Vgl. dazu *H. H. Dale* u. *K. Spiro*, Arch. f. exper. Path. u. Pharm. 95, 337, 1923.

¹⁸⁾ *H. H. Dale*, Arch. f. exper. Path. u. Pharmakol. 61, 113, 1909, Journ. of Physiol. 34, 163, 1906.

¹⁹⁾ *E. Kehrer*, Arch. f. exper. Path. u. Pharmakol. 58, 366, 1908.

Beschaffenheit des Endproduktes ist bei leicht zersetzlichen Stoffen eben in hohem Maße abhängig vom Zustand des Ausgangsmaterials und von der Art der Eipwirkung der chemischen Mittel bei der Aufarbeitung.

Was *Stoll* an der weit verbreiteten Meinung, einfache Amine vom Typus Tyramin, Histamin seien die Hauptträger der Mutterkornwirkung, zweifeln machte, war einmal ihr geringes Vorkommen in der Droge. *Barger* und *Dale* konnten unter Zuhilfenahme physiologischer Bestimmungen, wie oben bereits erwähnt, nur äußerst geringe Mengen von Tyramin aus Mutterkorn isolieren. *Stoll* hat nach einer besonders dazu ausgearbeiteten Methode versucht, Tyramin aus gutem Mutterkorn zu isolieren, aber ohne Erfolg. Selbst kleine Mengen hätten nach dieser Methode gefunden werden müssen, denn als dem Ausgangsmaterial 0,5 g reines Tyramin pro kg Droge zugesetzt wurden, gelang die Wiedergewinnung des Amins zum größten Teil. Wäre die Mutterkornwirkung aber auf Tyramin zurückzuführen, so müßte 1 kg Droge infolge der geringen Wirksamkeit dieses Amins mindestens 6 bis 10 g enthalten²⁴).

Dann hielt er die Wirkung von Tyramin und Histamin oder ihrer Kombinationspräparate auf den Uterus gegenüber der Mutterkornwirkung für viel zu kurz. *Guggenheim* und *Löffler* haben für dieses rasche Verschwinden der Wirkung eine Erklärung gegeben²⁵), als sie zeigten, daß die biogenen Amine im Körper rasch abgebaut und ausgeschieden werden. Die eigentliche Mutterkornwirkung zeichnet sich jedoch gerade durch lange Dauer aus.

Schwerlich könnte auch die *rasche Abnahme der Wirkung der Droge beim Aufbewahren* durch die Annahme, die Amine seien die Hauptträger der Mutterkornwirkung, erklärt werden. Tyramin und Histamin verdanken ihre Entstehung aus den entsprechenden Aminosäuren enzymatischen decarboxylierenden Vorgängen. Die Amine müßten sich beim Aufbewahren der Droge eher anreichern, besonders wenn Feuchtigkeit eine fermentative Tätigkeit begünstigt. Feucht aufbewahrtes Mutterkorn verliert aber erfahrungsgemäß seinen therapeutischen Wert sehr rasch. Die Arzneibücher schreiben deswegen Trocknen über Kalk und außerdem eine jährliche Erneuerung des Mutterkornvorrats in den Apotheken vor.

Alle diese Erfahrungen deuteten auf einen leicht zersetzlichen und wegen seiner langanhaltenden Wirkung hochmolekularen, vielleicht ergotoxinartigen Stoff hin. Die Isolierung desselben

erforderte frisches Ausgangsmaterial und dann vor allem eine schonende Arbeitsmethode.

Dieser Notwendigkeit haben die Isolierungsmethoden früherer Autoren offenbar zu wenig Rechnung getragen. Man extrahierte die Mutterkornalkaloide aus der Droge unter Anwendung von Äther oder Alkohol oder angesäuertem Wasser zusammen mit einer manchmal mehr als hundertfachen Menge von Begleitstoffen. Durch komplizierte und langwierige Reinigungsoperationen, wobei starke Säuren und Alkalien, Luftoxydation oder hohe Temperaturen zerstörend auf die empfindliche Substanz einwirken konnten, wurden die Basen von ihren Begleitstoffen abgetrennt und schließlich in einzelne Komponenten aufgeteilt, von denen man infolge der großen Zahl von Operationen nie mit Sicherheit sagen konnte, in welchem Verhältnis sie zur ursprünglichen Substanz der Droge stehen.

Im Gegensatz zu dieser Arbeitsweise trachtete ein von *A. Stoll* aufgefundenes neues Verfahren zur Darstellung von Pflanzenalkaloiden²⁶), das wirksame Prinzip bei tunlichster Beschränkung der Operationen in möglichst reinem Zustand aus der Droge herauszulösen und ohne weitere Reinigung durch chemische Mittel zur Kristallisation zu bringen. Das ist gelungen. *Stoll* und seine Mitarbeiter haben aus Mutterkorn ein bisher unbekanntes schön kristallisiertes Alkaloid, das Ergotamin isoliert und, wie später näher ausgeführt werden soll, in diesem Stoff in *qualitativer und quantitativer* Hinsicht den Hauptträger der typischen Mutterkornwirkung festgestellt.

Aus Erfahrungen, die *Stoll* teilweise schon im *Willstätterschen* Laboratorium gemacht hatte²⁷), war bekannt, daß natürliche Zellsubstanz ausgeprägt amphotere Eigenschaften besitzt, d. h. sie vermag sowohl Säuren wie Basen in erheblichen Quantitäten zu schlucken, ohne ihre Reaktion stark zu ändern. Die lebende Zelle braucht Puffersubstanzen zur Regulierung der Wasserstoffionenkonzentration, die für viele enzymatische Vorgänge von größter Bedeutung ist. Man machte sich nun die Pufferwirkung der Zellsubstanz zunutze bei der Isolierung des leicht zersetzlichen Ergotamins. Soweit chemische Agentien saurer oder alkalischer Natur zur Abtrennung der Base von löslicher Begleitsubstanz erforderlich sind, wurden solche nur verwendet, solange das Alkaloid durch die amphotere Zellsubstanz vor schädigender Einwirkung bewahrt bleibt.

Durch einen mäßigen Zusatz von sauren Reagentien, z. B. des schwach sauren Aluminiumsulfats, zu gepulvertem Mutterkorn werden in dem amphoteren Material basische Gruppen abgesättigt, saure in Freiheit gesetzt, ohne daß sich die Reaktion des Mediums wesentlich ändert und ohne daß bei der kolloiden Beschaffenheit des

²⁴) Vgl. die therap. Dosis von Tyramin in Tyraminpräparaten des Handels, z. B. in Tenosin „Bayer“: 6,25 mg (Therap. Halbmonatshette 34, 250, 1920), und Systogen (Uteramin): 10,0 mg Tyraminhydrochlorid (Arends-Rathjy, IV. Aufl., 1913, S. 565).

²⁵) *M. Guggenheim* u. *W. Löffler*, Biochem. Zeitschr. 72, 325, 1916.

²⁶) D. R. P. 357 272 (1922).

²⁷) *R. Willstätter* u. *A. Stoll*, Annalen der Chemie 378, 50, 1911.

Materials etwa lösliche, freie Säure auftreten würde. Das angesäuerte Zellmaterial hält nun aber das Ergotamin doch so fest gebunden, daß es gelingt, durch erschöpfende Extraktion mit Äther oder Benzol die ganze Menge der löslichen, sauren und neutralen Begleitstoffe zu entfernen, ohne daß Alkaloid mit herausgelöst würde. Man gewinnt durch diese Vorextraktion aus 1 kg Droge etwa 350 bis 400 g vollkommen alkaloidfreies Mutterkornöl zusammen mit Pflanzensäuren, Phytosterin, Farbstoff u. a.

Nach der erschöpfenden Vorextraktion wird nun durch Zugabe alkalischer Mittel, z. B. Ammoniak, die Base aus der Zellsubstanz in Freiheit gesetzt und mit dem gleichen Lösungsmittel, wie es zur Vorextraktion verwendet wurde, aufgenommen. Nach dem Eindampfen der Lösung scheidet sich das Ergotamin bereits in sehr hochprozentiger kristalliner Form ab. Die Ausbeute aus 1 kg Material schwankt, bezogen auf Reinsubstanz, zwischen 0,1 bis 2,0 g je nach der Qualität des Ausgangsmaterials; manche Waren der Kriegszeit enthielten überhaupt keine nachweisbaren Ergotaminmengen.

d) Die Eigenschaften des Ergotamins.

Beim Umkristallisieren des Rohproduktes aus wasserhaltigem Aceton erscheint das Ergotamin als stark lichtbrechende, gerade abgeschnittene rhombische Prismen mit scharf abgegrenzten Flächen (Fig. 1). Diese schönen Kristalle verwittern jedoch, wie in der Mikrophotographie stellenweise ersichtlich ist, an der Luft leicht; sie sind nämlich kein 100prozentiges Ergotamin; sie enthalten 20 % Kristalllösungsmittel, und zwar auf 1 Ergotaminmolekül 2 Aceton und 2 Wasser. Aus Methylalkohol scheidet sich das Ergotamin in kleinen Kriställchen von mehr pyramidenartigem Habitus aus, aus Äthylalkohol in verfilzten Nadeln, aus Benzol in langen dünnen Prismen.

Aus der umfangreichen chemisch-analytischen Untersuchung des Ergotamins seien hier nur die wichtigsten Ergebnisse erwähnt²⁸⁾. Die Elementaranalyse des Ergotamins und seiner Salze in Verbindung mit der Molekulargewichtsbestimmung der Base ergaben die Bruttoformel $C_{33}H_{35}O_5N_5$. Die Ergotaminsalze sind ausgezeichnet kristallisierte Stoffe und erscheinen meist in rhombischen Täfelchen und Blättchen mit von Salz zu Salz verschiedenen Winkeln. Sowohl die Base wie die Salze zeigen eine ausgesprochene Neigung zur Bildung von Kristallisationsverbindungen mit organischen Lösungsmitteln, z. B. Methyl- oder Äthylalkohol, von denen die frischen Kristalle in manchen Fällen

mehrere Moleküle enthalten. Das Ergotamin besitzt trotz seiner fünf Stickstoffatome den Charakter einer sehr schwachen einsäurigen Base, deren Salze in wässriger Lösung gegen Lakmus sauer reagieren. Die Löslichkeit der Base in Alkali deutet auf eine saure Gruppe des Moleküls hin. Die Ergotaminsalze besitzen gegenüber der freien Base den für die medizinische Verwendung wichtigen Vorteil größerer Löslichkeit in Wasser. Als ausreichend löslich und für den medizinischen Gebrauch auch sonst gut geeignet hat sich das Tartrat erwiesen. Das Ergotamintartrat ist denn auch die Form, in der das Ergotamin im *Gyn-ergen*- (*Femergen*-) „Sandoz“ in Form von Tabletten und Tropflösung für innerlichen Gebrauch und Ampullen für die Injektion im Handel ist.

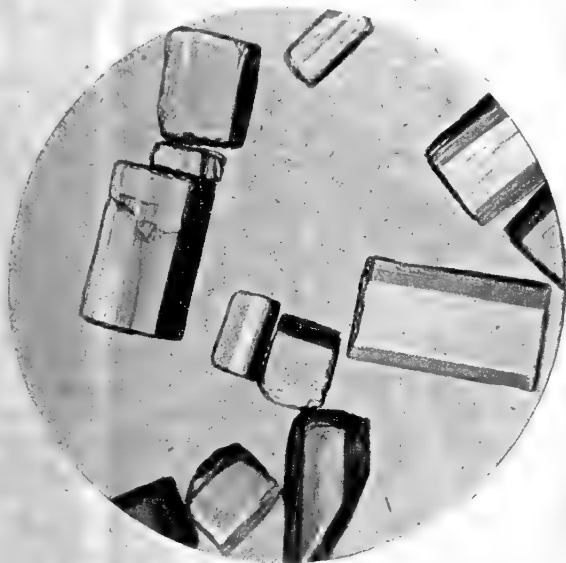


Fig. 1. Ergotamin, Kristalle aus Aceton.

Ähnlich dem Übergang von Ergotoxin in Ergotin zeigt Ergotamin eine Umwandlung in ein sehr schwer lösliches, noch schwächer basisches Alkaloid, das *Ergotaminin*. Die Umwandlung des Ergotamins erfolgt im Gegensatz zu der Umwandlung des Ergotoxins ohne Austritt von Wasser. Ergotamin und Ergotaminin sind Isomere. Besondere Beachtung verdient beim Übergang von Ergotamin in Ergotaminin die gewaltige Änderung im optischen Drehungsvermögen. Die beiden Stoffe zeigen eine sehr große optische Aktivität. Während aber Ergotamin in Chloroform die Ebene des polarisierten Lichts nach links dreht, $[\alpha]_D^{20}$ in 0,6prozentiger Lösung: -155° , so dreht sein Isomeres stark nach rechts, $[\alpha]_D^{20}$ in 0,6prozentiger Chloroformlösung: $+381^\circ$. Die Drehungsänderung beträgt für Chloroform als Lösungsmittel demnach etwa 536° .

Als ausgeprägtes chemisches Merkmal der Mutterkornalkaloide sei noch eine Farbenreaktion erwähnt; sie geben in kleinsten Mengen in einer Lösung von Eisessig-Essigester beim langsamen

²⁸⁾ Ausführlicher finden sich die Angaben: A. Stoll, Schweiz. Apoth.-Ztg. 60, 341, 1922; siehe auch E. Schmidts „Ausführliches Lehrb. d. Pharm. Chemie“ (ergänzt u. fortges. von J. Gadamer), VI. Aufl. 1923, II. Bd., II. Abt., S. 1976 u. ff.; die Methodik der Untersuchung, die Analysenzahlen und die genauere Beschreibung der Stoffe werden in den Helvetica Chimica Acta in besonderen Abhandlungen veröffentlicht.

Vermischen mit konzentrierter Schwefelsäure eine schöne Blaufärbung.

Die unangenehmste Eigenschaft des Ergotamins ist seine Unbeständigkeit gegenüber Luft-sauerstoff. Sowohl die freie Base wie ihre Salze werden in fester Form, noch schneller aber in Lösung an der Luft durch Oxydation bald gelb und braun, sie verderben. Wir erkennen in augenfälliger Weise an dem in reinem Zustand farblosen, aber leicht oxydablen wirksamen Mutterkornprinzip die Ursache für das rasche Schwinden der Wirkung der Mutterkorn-droge beim Aufbewahren. Die Oxydation des Ergotamins findet, wie die Abnahme der Ausbeute bei älteren Drogen beweist, auch in der Droge oder in daraus bereiteten Extrakten statt. Die natürliche braune Farbe von Mutterkorn und seinen Zubereitungen läßt jedoch die Braunfärbung des Ergotamins nicht erkennen.

So unbequem die Leichtzersetzlichkeit des Ergotamins in seiner Eigenschaft als Heilmittel ist, so sehr bedeutete sie von jeher ein Glück für Menschen und Tiere, die mutterkornhaltige Nahrung zu sich genommen haben. Das Ergotamin wird schon beim Lagern des Getreides und dann beim Bereiten und Aufbewahren des Getreidemehles wahrscheinlich sehr rasch oxydiert. Das erklärt auch, warum „Mutterkornepidemien“ stets nur im Herbst und frühen Winter, wenn das Getreide noch frisch ist, aufgetreten sind.

Wenn wir die Eigenschaften des Ergotamins noch kurz überblicken, so werden uns die Befunde an den unreinen, teilweise zersetzten Präparaten früherer Autoren, so widersprechend sie auch scheinen, verständlicher. Die Verschiedenheit der Arbeitsweise hat bald diese, bald jene Eigenschaft des aktiven Prinzips mehr hervortreten lassen und so wurde dieses bald als Base, bald als Säure, bald öllöslich, bald wasserlöslich oder als Harz gekennzeichnet, was wir nun begreifen; das Ergotamin besitzt neben den basischen auch saure Eigenschaften, es geht als freie Base in ölige als Salze der Pflanzensäuren dagegen in wäßrige Extrakte und andererseits infolge seiner Zersetzlichkeit leicht verharzt.

Es ist hier nicht der Ort, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der bis jetzt aus Mutterkorn isolierten und beschriebenen hochmolekularen Alkaloide (Ergotoxin, Ergotin, Ergotamin, Ergotaminin) ausführlicher miteinander zu vergleichen. Die wichtigsten Merkmale, in denen sie sich voneinander unterscheiden, sind in der Tabelle zusammengestellt. Es sind darin die vier bisher aus Mutterkorn isolierten Alkaloide als chemisch und physikalisch deutlich von einander verschiedene Stoffe gekennzeichnet. Erwähnt sei noch, daß es bisher nicht geglückt ist, ausgehend von Ergotamin oder Ergotaminin zu Ergotoxin oder Ergotin zu gelangen. Die Isolierung kleiner Quantitäten Ergotoxin aus Ergo-

Vergleichstabelle über die Mutterkornalkaloide.

	Ergotoxin (1906)	Ergotin (1875)	Ergotamin (1918)	Ergotaminin (1920)
Chemische Zusammen- setzung	$C_{35}H_{41}N_5O_6$	$C_{35}H_{39}N_5O_5$	$C_{33}H_{35}N_5O_5$	
Kristallisationsvermögen der freien Base	fehlt	vorhanden	ausgeprägt vorhanden (mit Krist.-Lösungs- mittel)	vorhanden (ohne Krist.-Lösungs- mittel)
Kristallisation aus CH_3OH	—	dünne Prismen	Pyramiden	Δ Blättchen
Löslichkeit in $\begin{cases} CH_3OH \\ C_2H_5OH \\ Aceton \end{cases}$	sehr leicht	ziemlich schwer	leicht	äußerst schwer
Optische Drehung $[\alpha]_D$	in $CHCl_3$	+ 396°	— 155°	+ 381°
	in C_2H_5OH	+ 330°	+ 40°	—
Salze $\begin{cases} \text{Krist.-Vermögen} \\ \text{mit überschüssiger} \\ \text{Oxalsäure entsteht} \end{cases}$	vorhanden (ohne Krist.-Lösungsmittel)	fehlt	ausgeprägt vorhanden (mit Krist.-Lösungs- mittel)	fehlt
	saures Oxalat	—	normales Oxalat	—
Umwandlung	$\begin{array}{ccc} & - H_2O & \\ \text{Ergotoxin} & \longleftrightarrow & \text{Ergotin} \\ & + H_2O & \end{array}$		$\text{Ergotamin} \longleftrightarrow \text{Ergotaminin}$	
Physiolog. Aktivität am isolierten Uterus	sehr stark	wenig oder 0	sehr stark	stark

taminmutterlaugen in Form seines charakteristischen Phosphates ist gelegentlich gelungen.

e) *Vorkommen der Mutterkornalkaloide.*

Ergotoxin und Ergotamin können also nebeneinander vorkommen; sie scheinen in frischer Droge auch allein präformiert zu sein, während Ergotinin und Ergotaminin sich erst beim Lagern und Aufarbeiten bilden würden und ihre Entstehung mitverantwortlich wäre am Zurückgehen der Wirksamkeit des Mutterkorns, da Ergotinin als unwirksam angesehen wird und da sich auch Ergotaminin im klinischen Versuch als viel weniger wirksam erwiesen hat als das isomere Ergotamin. Aber auch das Vorkommen der beiden wirksamen Alkaloide ist je nach der Qualität der Droge starken Schwankungen unterworfen. Das geht allein schon daraus hervor, daß Ergotoxin in irgendeiner reinen Form gegenwärtig auf dem Markte gänzlich fehlt und daß ergotoxinhaltiges Mutterkorn auch für wissenschaftliche Zwecke nur äußerst schwer erhältlich ist, während ergotoxinarme oder -freie Droge tonnenweise angeboten wird.

Aber auch das nun leichter zugängliche Ergotamin ist nicht aus allen Mutterkornsorten des Handels zu isolieren; *Stoll* und seine Mitarbeiter haben Drogen untersucht, die wohl noch Spuren von Ergotoxinphosphat, aber kein Ergotamin lieferten, während bei anderen Ausgangsmaterialien fast die ganze, in guter Ausbeute gewonnene Roh-

alkaloidmenge in die schöne Ergotamin-Aceton-Wasser-Kristallisation verwandelt werden konnte.

Ob die in manchen Fällen nicht unerheblichen Mengen von Alkaloidsubstanz, die in den Mutterlaugen des Ergotamins oder Ergotoxins gelöst bleiben, nur aus leichter löslichen Zersetzungsprodukten der beiden oder zum Teil aus vom Mutterkornpilz primär gebildeten anderen Alkaloidtypen bestehen, bleibt vorläufig unentschieden. Jedenfalls bestätigen die großen Schwankungen im Alkaloidgehalt des Mutterkorns die außerordentliche Variabilität in der Wirksamkeit der Droge, und sie forderten die Reindarstellung des Hauptträgers der Wirkung, der, mit der Wage gleichmäßig dosierbar, den Arzt von den Zufälligkeiten in der Qualität der Rohdroge unabhängig macht.

Das Fehlen von Ergotamin in manchen Mutterkornsorten des Handels, sei es, weil sie alt und verdorben, oder weil sie von vornherein arm daran waren, mag gelegentlich mitverantwortlich gewesen sein dafür, daß frühere Autoren bei ihren langen und gründlichen Arbeiten, die sich über Jahrzehnte hin erstrecken, dem Ergotamin niemals begegnet sind oder es wenigstens nicht als solches erkannt haben; die Hauptursache scheint indessen doch in der bisher zu wenig schonenden Arbeitsweise zu liegen; denn bei der Aufarbeitung von ergotaminreichem Mutterkorn nach der von *Kraft*²⁹⁾ angegebenen Methode tritt beispielsweise Zersetzung und Umwandlung des Ergotamins ein.

(Schluß folgt.)

Die Anomalie des Erdmagnetismus und der Gravitation im Kursker Gouvernement.

Von P. Lasareff, Moskau.

Die Kursker magnetische Anomalie wurde von I. N. Smirnow entdeckt und dann weiter durch die Arbeiten von N. D. Pilëikov, D. D. Sergiewsky, A. Rodd und Th. Moureaux ausführlich erforscht¹⁾, die gezeigt haben, daß sich in den Gebieten von Belgorod, Nepchaievo und Kotcetowka ein sehr beträchtliches anomales Zentrum befindet, und daß sich das anomale Feld auf weite Entfernungen hin von diesen Punkten erstreckt. Die Untersuchungen haben jedoch kein Material geliefert, das gestattet hätte, Karten der Isolinien herzustellen; daher hat sich *Leyst* der Arbeit unterzogen, das ganze Kursker Gouvernement magnetisch aufzunehmen, um die Lage der anomalen Felder zu bestimmen. Die langjährigen Arbeiten von *Leyst*, bei denen er sich der klassischen Methode zur Untersuchung des Feldes bediente, haben die Werte für *H*, *D* und *J* an 4500 Punkten ergeben, die über das ganze Kursker Gouvernement zerstreut sind und die gestatteten, zwei Anomaliestreifen auszuscheiden. Der eine (nördliche) Streifen, den er zuerst entdeckte und

bei dem die Anomalie am stärksten zutage tritt, geht durch den Dmitrowschen Bezirk des Gouvernements Orel und weiter durch die Bezirke Fatež Kursk, Ščigry und Tim des Kursker Gouvernements hindurch und nimmt dann die Richtung nach dem Gebiete des Gouvernements Voronež. Südlich von diesem ersten Streifen, durch ein Gebiet schwacher Anomalie von ihm getrennt, zieht sich ein zweites anomales Gebiet hin, auf dem die zuerst entdeckten anomalen Punkte des Kursker Gouvernements liegen. Dieser zweite anomale Streifen geht durch die Bezirke Obojan, Belgorod, Korotča und Novo-Oskol des Kursker Gouvernements hindurch. Sowohl der erste, als auch der zweite anomale Streifen sind von Nordwest nach Südost gerichtet, die Breite beträgt ungefähr 2—3 Kilometer. Der Zwischenraum zwischen den stark anomalen Stellen erscheint als schwach anomales Feld. Über die Ergebnisse seiner Untersuchungen hat *Leyst* im Jahre 1918 im Physikalischen Institut des Wissenschaftlichen Instituts berichtet. Zum Druck hat er sie für das Archiv der Physikalischen Wissenschaften bestimmt. Sein Manuskript enthält weder Karten, noch die Koordinaten der anomalen Gebiete, so

¹⁾ Literatur in der Abhandlung von P. Lasareff, L'anomalie magnetique dans le gouvernement de Koursk (Annexe aux procès verbaux de l'Académie des Sciences de Russie 1921).

²⁹⁾ Loc. cit.

daß man sich keine Vorstellung von der Gestalt des anomalen Feldes machen konnte²⁾. Im Sommer 1918 ist *Leyst* unter Mitnahme des ganzen Materials über die Kursker Anomalie nach Deutschland gefahren und dort gestorben. Wie sich im Herbst 1918 herausstellte, war es nicht möglich, Karten und Protokolle der Untersuchungen *Leysts* zurückzuerhalten. Die Akademie der Wissenschaften beschloß eine Untersuchung der Anomalie vorzunehmen, und übertrug die Leitung der Arbeit dem Mitglied der Akademie Professor *P. P. Lasareff*.

§ 2. Allgemeine Untersuchungsorganisation.

Die Arbeiten im Kursker Gouvernement wurden von einer Abteilung Hydrographen ausgeführt, die der Chef der Haupthydrographenverwaltung, *E. L. Bialokos*, zur Verfügung der Akademie der Wissenschaften abkommandiert hatte und die unter der Oberleitung von *K. S. Jurkewitsch* stand. *A. I. Zaborovskij* hatte die Magnetabteilung und *P. Ovod* die geodätische Abteilung

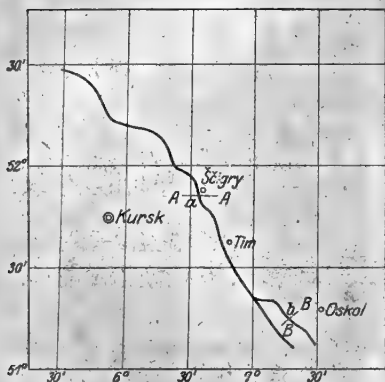


Fig. 1. Die Orte der zwei Maxima der Vertikalkomponente Z sind a und b .

unter sich. Ungeachtet der sehr schwierigen Verhältnisse, unter denen die Arbeiten im Sommer 1919 vor sich gingen, als sich durch das Kursker Gouvernement die Front des Bürgerkrieges hinzog und die Abteilung sich nicht nur an der Frontlinie, sondern zuweilen sogar zwischen den beiden Fronten der Gegner befand, gelang es doch, den Streifen der Anomalie zu finden und ein Zentrum mit nennenswerten Beträgen für Z (bis 1,4 abs. Einheiten) zu untersuchen.

Im Laufe der Jahre 1919, 1920, 1921 und 1922 wurden magnetische Messungen auf dem Gebiete vom Nordstreifen der Anomalie gemacht, wo an 10 500 Punkten die Werte für H , Z und D gefunden wurden. Innerhalb dieses Gebiets befinden sich die 2 Maxima von Z (Maximalwerte der Vertikalkomponente $Z = 1,9$) (a und b B Fig. 1). Zur Lösung der theoretischen Fragen, welche mit der Aufnahme verknüpft sind, und zur allgemeinen Leitung wurde in Moskau eine ständige magnetische Kommission gebildet und ein magnetisches

Wie aus den Karten zu ersehen ist, erscheint der Streifen der scharf ausgedrückten Anomalie mit bedeutend größeren Werten für Z und kleineren Werten für H als ein schmaler Laboratorium gegründet, welche von *P. P. Lasareff* geleitet werden. Die magnetischen Messungen in Moskau wurden von *N. X. Stschodro* ausgeführt³⁾.

§ 3. Die Methoden der Bestimmung für H , Z und D an einem bestimmten Punkte.

In Anbetracht der Notwendigkeit, in möglichst kurzer Zeit eine genügende magnetische Aufnahme der Kursker Gouvernements zu bekommen, wurde zur Untersuchung der Größen von H , Z und D nicht die allgemein übliche klassische Methode des Magnettheodolits und des Inklinators angewandt, sondern die vereinfachte Methode des Deflektors von *de Collongue*, welcher bei der russischen Kriegsflotte angewandt wird, um die Anomalie bei Schiffen zu konstatieren. Diese Methode, welche der magnetischen Kommission von Professor *A. N. Kriloff* vorgeschlagen wurde, ergab eine genügende Genauigkeit (bis zu 0,25 %) und erlaubte zu gleicher Zeit die Arbeit äußerst rasch auszuführen, so daß zur Bestimmung eines Punktes (H , Z und D) nicht mehr als 20 Minuten erforderlich waren. Eine Korrektur der Variation des Feldes wurde nicht ausgeführt, da die Variationen in einem normalen Felde nur 0,15 % der beobachteten Größe ausmachen, also kleiner sind, als die bei der Methode möglichen Fehler.

Obleich die einzelnen nach der Methode der Kommission vorgenommenen Beobachtungen der magnetischen Größen weniger genau waren als diejenigen von *Leyst*, so ist doch die allgemeine Karte der Isolinien in den Arbeiten der Kommission, wie dies *Lasareff* bewiesen hat, genauer und detaillierter, da bei *Leyst* der Maßstab der Karte der Genauigkeit der magnetischen Größen nicht entsprach, was bei den Aufnahmen der Kommission richtiggestellt wurde.

Ferner war die Gesamtanzahl der Punkte für das ganze Kursker Gouvernement bei *Leyst* 4500, während die Kommission in den Jahren 1919, 1920, 1921 und 1922 ca. 10 000 Punkte untersucht hat, wobei alle Punkte sich auf den nördlichen Streifen der Anomalie in einer Breite von 3 bis 5 Kilometer und einer Länge von ca. 200 Kilometern erstreckten.

§ 4. Ergebnisse der Arbeiten in 1919, 1920, 1921 und 1922.

Der allgemeine Gang der magnetischen Anomalie ist in der Fig. 1, die einen Teil des Kursker Gouvernements zeigt, wiedergegeben; die kontinuierliche Linie entspricht den Maximalwerten von Z (die Axiallinie der Anomalie).

²⁾ Die Arbeit von *E. Leyst* wurde später in den „Abhandlungen der Kommission für die Erforschung der magnetischen Anomalie des Kursker Gouvernements“, Heft 2, veröffentlicht.

³⁾ Die Berichte über die Arbeiten der magnetischen Kommission findet man in den oben zitierten Abhandlungen (Heft 1, 2, 3); außerdem hat *P. Lasareff* zwei zusammenfassende Berichte publiziert: *P. Lasareff, L'anomalie magnetique dans le gouvernement de Kursk* (Annexe 1921) und *P. Lasareff, The Kursk Magnetic Anomaly*, Berlin 1922.

Streifen von 2 bis 3 Kilometer Breite, welcher sich im allgemeinen von Nordwest nach Südost hinzieht. Das Gebiet mit starker Anomalie geht rasch in ein Gebiet mit schwach ausgedrückter Anomalie über, das für das ganze Kursker Gouvernement charakteristisch ist.

Die maximalen Werte von Z (minimalen von H) sind an zwei Stellen, welche mit AA und BB bezeichnet sind (Fig. 1).

Isolinien für D , H und Z stellen im allgemeinen sich neben einander hinziehende Linien dar, welche die Zentren mit den Maximum oder Minimumwerten der Elemente des Feldes begrenzen.

Die Axiallinie der Anomalie wird dadurch charakterisiert, daß der ihr angrenzende schmale Streifen die Gebiete mit westlicher Deklination D , welche nördlich von der Axiallinie liegen, von den südlich gelegenen Gebieten mit östlicher Deklination trennt. Die Axiallinie der Anomalie liegt sehr nahe bei den Minimalwerten für H . Ferner geht die Axiallinie sehr nahe an den Maximalwerten für J und an der totalen Größe des Feldes T vorbei; außerdem sind zur Axiallinie

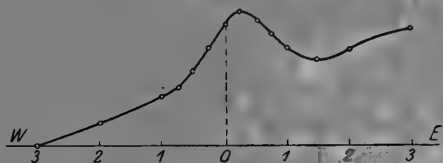


Fig. 2. Zur Untersuchung des Gravitationsfeldes im nördlichen Streifen des Anomaliegebietes. Null ist der Ort des Maximums von Z . Die Ordinaten sind die Änderungen der Erdschwere in relativen Einheiten.

alle anomalen Horizontalkomponenten H_a gerichtet (dasselbe gilt auch ungefähr für die Größe H).

In den Jahren 1921 und 1922 wurde gleichzeitig mit der Untersuchung des Magnetfeldes auch eine solche des Gravitationsfeldes vorgenommen⁵⁾. Diese Messungen wurden an zwei Orten vorgenommen (AA und BB , Fig. 1). Diese Stellen zeichnen sich durch den Maximalwert von Z und durch die größte Dichtigkeit der Isolinien von Z aus, was auf die Nähe derjenigen Erzlagungen hinweist, die die Anomalie hervorrufen können. Hierbei wurde das Pendel von Stückert (*Michailov*) und das Variometer von Eötvös (*Aksenov*, *Nikiforov*) in Anwendung gebracht. Die Erforschung beider Rayons zeigt einen Unterschied im Gange der Änderungen der Gravitation g . Im nördlichen Rayon (*Seigry*) beobachteten wir, wie aus der Kurve (Fig. 2) zu ersehen ist, wo auf der Abszissenachse die Abstände (O entspricht der Axiallinie und Maximum von Z) und als Ordinaten die Änderungen von g in relativen Einheiten aufgetragen sind, die Maxima für Erdmagnetismus und Gravitation sind an den verschiedenen Stellen beobachtet.

Dementsprechend charakteristisch ist das Bild

⁵⁾ Die Untersuchungen der Gravitation wurden von den Professoren *P. Aksenov*, *A. Michailov* und *P. Nikiforov* geleitet unter der allgemeinen Leitung von Prof. *P. Lasareff*.

der Vektorrichtungen der Gravitationskraft (nach den Daten von *Nikiforov*), die in der Fig. 3 wiedergegeben sind.

Aus dieser Zeichnung ist ersichtlich, daß bis zur Axiallinie der Anomalie, die in der Zeichnung durch die Linie AB dargestellt ist, die Vek-

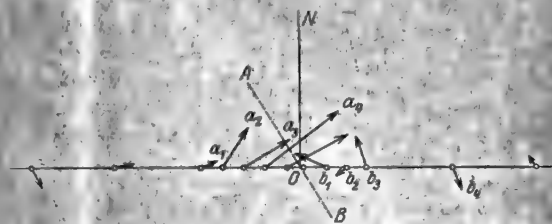


Fig. 3. Zur Untersuchung des Gravitationsfeldes im nördlichen Teil des Anomaliegebietes. Vektorrichtungen der Gravitation.

toren a_1, a_2, a_3, a_4 nach einer Seite hin gerichtet sind, was darauf hinweist, daß eine Masse in Form einer Wand vorhanden ist, längs welcher die Vektoren der Horizontalkomponente verlaufen. Dieses setzt sich bis zum Gravitationsmaximum g fort, weiter zeigt sich eine schroffe Änderung des Bildes. Die Vektoren b_1, b_2, b_3, b_4 werden klein und ihre Richtung unbestimmt. Dieses spricht dafür, daß gegen Westen vom Maximum die vorhandenen kompakten Massen einen jähen Abfall zeigen.

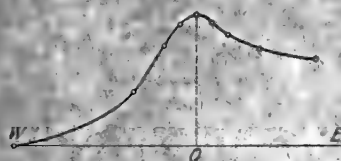


Fig. 4. Zur Gravitationsänderung im südlichen Anomaliegebiet. Das Maximum von Z und von g fallen zusammen.

Ein etwas anderes Bild bietet die Erforschung des südlichen Teils des Anomaliegebietes durch das Variometer (*Aksenov*) und das Pendel (*Michailov*).

Hier sehen wir ein Anwachsen von g bis zu einem Maximum, welches mit dem Maximum der Vertikalkomponente Z (Punkt O) zusammenfällt (Fig. 4). Hierbei sind die Vektoren der Horizontalkomponente der Gravitation zu beiden

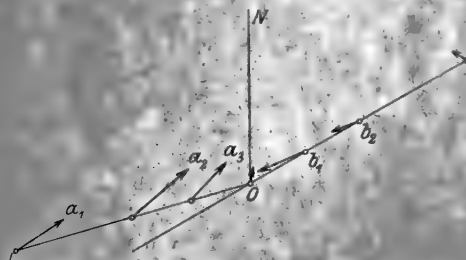


Fig. 5. Zur Untersuchung der Gravitation im südlichen Teile des Anomaliegebietes. Vektorrichtungen der Gravitation.

Seiten des Maximums von g entgegengesetzt gerichtet (Fig. 5).

Dieser Umstand weist darauf hin, daß sich hier unter der Achsenlinie eine unterirdische

Bergkette befindet, deren Gipfel mit der Achsenlinie zusammenfallen.

Diese Umstände in Verbindung mit dem Fehlen von Anomaliestellen, welche die Änderungen der Gravitationsvektoren im nördlichen Rayon wiederholten, und die außerordentliche Enge des Anomaliestreifens beweisen, daß die Ursachen, welche die magnetische und die Gravitationsanomalie hervorrufen können, nicht identisch sind.

§ 5. Über die möglichen Ursachen der Anomalie und über die Tiefe der die Anomalie hervorrufenden Schichten.

Die eine mögliche Ursache der Kursker Anomalien müssen magnetische Erze sein, welche entweder eine unterirdische magnetische Bergkette bilden oder eine Dislokation aufweisen. Dafür sprechen magnetische und gravimetrische Beobachtungen, welche bewiesen haben, daß unter der Erdoberfläche eine schwere, magnetisierte Masse liegen muß. Was die Tiefe der Erzlagerungen betrifft, so kann man unter den wahrscheinlichsten Annahmen über die Gestaltung derselben feststellen, wie dies Lasareff tat, daß die Tiefe ca. 300 m betragen muß, dabei stellte sich heraus, daß man, um der Form des Feldes und seiner Intensität zu genügen, das Vorhandensein einer Substanz von magnetischer Eigenschaft nahe der des reinen Eisens annehmen muß. Zum gleichen Resultat kam auch Kostizyn.

Die Messungen von Z auf verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche geben unter der Voraussetzung, daß wir es mit einem magnetisierten Zylinder zu tun haben, eine Tiefe von ca. 300 Meter.

Es ist bemerkenswert, daß die von der Kom-

mission vorgenommene Bohrung ein ganz außerordentlich starkes Anwachsen der Magnetkraft mit der Tiefe zeigte und der Bohrer mehr und mehr magnetisiert wurde.

Für die praktische Erforschung der Anomalie wurde im Jahre 1920 eine Kommission ernannt (Prof. Ing. I. Gubkin, Präsident, Prof. Dr. P. Lasareff, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, stellvertretender Präsident und Chef der magnetischen, gravimetrischen und geodätischen Abteilung, Prof. Dr. A. Archangelskij, Chef der geologischen Abteilung, und Ing. A. Himmelfarb, Chef der Abteilung für Bohrungsarbeiten). Diese Kommission beschloß, sich auf die Arbeiten der magnetischen Abteilung stützend, an der Stelle der maximalen Anomalie a (Fig. 1) Bohrungsarbeiten auszuführen. Die Bohrungsarbeiten zeigten, daß die Schicht von etwa 150 m aus weichen Substanzen (Dichte $= 2,5$) besteht. Bei weiteren Bohrungen fand die Kommission eine Schicht von Quarziten und Magnesiten, deren mittlere Dichte 3,8 und der mittlere Eisengehalt 40—45 % ist. Der Erzstab, der durch die Diamantbohrung erhalten ist, zeigt starke Magnetisierung, wobei sein Südende sich nach oben richtet. Das Bohrloch hat bis jetzt die Tiefe von 222 m, so daß die erbohrte Eisenerzschicht die Dicke von etwa 72 m hat (1. Juli 1923). Weitere Arbeiten sollen der Untersuchung der Gesamtdicke dieser Schicht und der Menge von Eisen in der ganzen Ausdehnung der Kursker Anomalie dienen. Man kann sich jetzt nur sagen, daß die Menge enorm sein muß, da die Ausdehnung der Anomalie (Nordstreifen) sehr groß ist ($250 \text{ km} \times 2 \text{ km}$) und die magnetischen Erscheinungen größer sind als an irgendeinem anderen Punkte der Welt.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Untersuchungen über die Sinnesorgane der Medusen. (Conrad Lehmann, Zool. Jahrb., Abt. f. Zool. u. Physiol. Bd. 39, H. 3, S 321—394, 1923.) Verfasser beobachtete auf Helgoland die beiden Scyphomedusen *Chrysaora hyoscilla* und *Caynea capillata* um der Frage willen, ob die Randkörper lediglich als tonuserregende Organe oder aber, wie meist angenommen, als statische angesehen werden müssen. Bekanntlich sind die Labyrinth der Wirbeltiere und die Statocysten der Wirbellosen statische und Tonusorgane zugleich: Unter allen Umständen und dauernd liefern sie Nervenregung, die sich im Muskeltonus zu erkennen gibt. Daß außerdem unter der Leitung dieser Organe ein fast automatisches Beibehalten der an sich nicht stabilen Gleichgewichtslage des Tieres im Raume zustande kommt, rührt daher, daß das Organ je nach seiner Lage im Raum den verschiedenen Muskelgruppen des Körpers Erregungen von verschiedener Stärke übermitteln läßt. Daß das aber nicht immer der Fall sein muß, daß es vielmehr auch rein tonuserregende Organe gibt, die bei jeder beliebigen Lage im Raume immer nur dieselbe Erregungsstärke und -verteilung hervorrufen, das lehren, dem Verfasser zufolge, die sogen. „Statocysten“ der Medusen. Schnitt er seinen Objekten die vier Randkörper der

einen Körperhälfte heraus oder kappte ihnen nur die „Statolithen“ ab, so stellte das Tier sich so ein, wie auch unverletzte Tiere es tun; nur wenn es mit der Hauptachse in der Horizontalebene schwamm, so befand sich immer die Seite der erhaltenen Randkörper unten. Dreht man sie passiv nach oben, so richtet sich das Tier zuerst zur Normallage (Mund nach unten, Exumbrella nach oben) auf, um dann die Seite der erhaltenen Randkörper nach unten zu wenden. Man sieht deutlich, daß die stärksten Kontraktionen des Mantelrandes unten erfolgen, wo die Randkörper erhalten sind; auch beim Schrägschwimmen unverletzter Medusen schlagen immer diejenigen Randlappen am stärksten, die gerade unten liegen. War nur ein Randkörper erhalten, so stimmte das Verhalten mit dem eben beschriebenen des halbseitig operierten Tieres überein. Tiere, die sämtlicher Randkörper beraubt worden waren, zeigten sich i. a. besser orientiert, als einseitig operierte, doch machten sie nur seltene und schwache Kontraktionen. Dreht man sie mit dem Munde aufwärts, so richten sie sich, ohne dabei aktive Schwimmstöße auszuführen, von selbst wieder auf. Dasselbe tun auch junge Exemplare, denen man den ganzen Rand mit der Hauptmenge der Ringmuskulatur abgeschnitten hat. Ephyren von

Cyanea, die eine besonders dünne Schirmgallerte haben, weichen bei jeder Kontraktion stark von der Normal-lage ab, um in der zwischen den Schwimmstößen liegen-den Zeit der Unbeweglichkeit sich stets wieder von neuem in die Ruhelage aufzurichten. Die Tesseriden unter den Scyphomedusen (Tessera, Tesserantha) haben keine Randkörper und orientieren sich doch genau so mit der Hauptachse senkrecht, wie randkörperbesitzende Scyphomedusen auch.

Es folgt aus diesen Tatsachen, daß die unter-suchten Medusen im stabilen Gleichgewicht schwim-men; die Schirmgallerte ist spezifisch leichter, als das übrige Körpergewebe, auch die Tentakel und der Magenstiel helfen mit, den Schwerpunkt der Körpermasse unter den der verdrängten Wassermasse zu verlegen. So ist es von vornherein nicht wahr-scheinlich, daß die Medusen außer dieser passiven Ein-stellung auch noch eine aktive besäßen, die auf der Wahrnehmung statischer Reize beruhte. Und das Vor-handensein von solchen hat sich weder bei anderen Autoren noch hier nachweisen lassen. Daß die Rand-körper Tonuserreger sind, und zwar offenbar unab-hängig von ihrer Lage im Raume denselben Tonus liefern, das folgt aus den Beobachtungen des Verfassers. Machte das normale Tier 23 Kontraktionen in der Mi-nute, so zog es sich nach der Entfernung von sieben Randkörpern nur noch zehnmal in der Minute zu-sammen; wurde auch der letzte achte Randkörper ent-fernt, so erfolgten nur noch ein bis zwei Schwimm-stöße in der Minute. Bei dem Tiere mit nur einem Randkörper sieht man die Seite mit erhaltenem Rand-körper am tiefsten stehen und am heftigsten schlagen; die Kontraktionswelle geht deutlich von der Rand-körperzone aus, ihre Seite zieht sich auch rascher zu-sammen als die Gegenseite. Der schöne Versuch von Uexkülls an Rhizostoma, wonach bei einem solchen Tiere die Schläge aussetzen, wenn man den letzten Randkörper festhält und am Schwingen hindert, ließ sich nicht nachmachen, da die Randkörper verdeckt liegen. Die Randkörper der Scyphomedusen sind also keine exteroceptive Sinnesorgane, sondern lediglich tonuserregende Organe wie die Fliegenhalter nach v. Buddenbrock. Sie dürfen daher bis auf weiteres auch nicht mehr als „Statocysten“ bezeichnet werden, son-dern es empfiehlt sich, die alten morphologischen Be-zeichnungen wie Randkörper, Sinnesbläschen usw. zu verwenden.

Ein Punkt bedarf noch der Besprechung, warum nämlich die Seite, auf der die Randlappen sich am stärksten kontrahieren, am tiefsten steht. Die Richtung, in der die vom Randlappen geschlagene Wassermasse zurückweicht, ist bei starkem Schläge des sich stark einkrümmenden Randlappens (bei der in Normallage gedachten Meduse) viel schräger, viel mehr der Wagerechten genähert, als bei schwachen Schlägen des kaum gekrümmten Randlappens. Demnach ergibt sich die paradoxe Tatsache, daß ein starker Schlag eine nur geringe, der schwache aber eine große auf-wärtsgerichtete Komponente ergibt; so muß diejenige Seite, die am stärksten schlägt, unten sein, gerade um-gekehrt, wie man es meistens darstellen hört. Entfernt man freilich die Randlappen der einen Seite, so steigt die andere, mit Randlappen schlagende, empor; stehen sich aber stark und schwach schlagende Randlappen gegenüber, so müssen die schwächer schlagenden empor-gehoben werden.

Ähnliches wie für die Randkörper der Scypho-medusen gilt für die Ocellen der Anthomedusen, von denen Leuckartiara octana, früher als Tiara pileata

bezeichnet, untersucht wurde. Die Form zeigt positive Phototaxis, so daß die Tiere sich auf der Lichtseite des Behälters ansammeln. Doch können sie jederzeit ins Dunkle zurückkehren; der Übergang vom Hellen zum Dunkeln löst keine Reaktion aus, dagegen plötzlicher Übergang zum Hellen sofort reaktionsauslösend wirkt. Im Hellen steigt die Frequenz und Stärke der Schläge, im völligen Dunkel kommt jede Bewegung zum Still-stande, und nach längerem Dunkelverhalte erweisen sich die Tiere sogar als dauernd bewegungsunfähig. Somit ist die tonuserregende Funktion der Ocellen sehr wahrscheinlich gemacht (der Gegenversuch, ein der Ocellen beraubtes Tier im Hellen zu beobachten, ließ sich wohl infolge unüberwindlicher technischer Schwie-rigkeiten nicht anstellen); für die Orientierung im Raume haben die Ocellen zwar eine gewisse Bedeutung, wie die positive Phototaxis zeigt, aber keine entschei-dende. Denn Versuche, den von Krebsen her bekannten Lichtdruckreflex auszulösen, schlugen fehl. Die Tiere suchten im von unten beleuchteten Aquarium zwar die Lichtstellen auf, schwammen hier aber in Normalstellung aufwärts, und nur gelegentlich wich einmal ein Tier abwärts ab, um sich sofort wieder passiv aufzurichten. Auch bei den Ocellen liegt demnach kein Anlaß vor, sie als exteroceptive Sinnesorgane aufzufassen, die die Raumorientierung in entscheidender Weise kontrollier-ten. Auch sie sind wohl lediglich tonuserregende Or-gane.

Zum Schluß versucht Verfasser, die so oft dar-gestellten Verhältnisse bei Goniomemus und den Ctenophoren seinem Schema einzuordnen. Auch der be-rühmte Sinneskörper der Beroe ist keine Statocyste, sondern lediglich tonuserregendes Organ, die Stärke des Tonus aber ist unabhängig von der Stellung der Tiere im Raume. Jedenfalls berechtigen die bisher vor-liegenden Tatsachen zu keiner anderen Aussage. Selbst wenn bei Eucharis und Bolina die Entfernung des Statolithen (Pipette) die Raumorientierung aufhebt, so liegt das nur an dem jetzt unregelmäßig starken Schläge der Plättchenreihen. Daß aber beim unversehrten Tiere der Sinneskörper statische Funktionen ausübe, dafür ist bisher nicht der geringste Beweis erbracht.

Koehler, München.

Über eine Methode zur Untersuchung des chemischen Sinnes niederer Tiere und einige Ergebnisse an Daphnien. (E. J. J. Buytendijk, Arch. néerland, de physiol. de l'homme et des anim. Bd. 7, S. 116—125, 1922.) Die bisher üblichen Massenuntersuchungen mit ihren groben, weil lediglich statistischen Ergeb-nissen genügen zur Entscheidung vieler sinnesphysio-logischer Fragen nicht. Daher arbeitete Verf. ein Ver-fahren aus, das mit Einzeltieren arbeitet. Die Daphnie kommt in ein rundes Glasgefäß, das vom Boden her verschieden hell beleuchtet werden kann; es steht näm-lich auf einer Mattscheibe, unter der ein um 45° ge-neigter Spiegel angebracht ist, der das Licht einer im wagerechten schwarzen Tunnel verschiebblichen Lampe emporwirft. Der Gefäßboden ist in vier Quadranten nach Art des Fadenkreuzes unterteilt. Eine oberhalb des Gefäßes angebrachte Vorrichtung erlaubt dem Auge, in stets gleicher Lage von oben her auf das Zentrum des Fadenkreuzes zu blicken und die Bewegungen des Tieres auf eine dazwischengelegte Glasscheibe zu pro-jizieren, auf der die Kriechspur mit chinesischer Tusche nachgefahren wird (gelegentlich wurde auch der Pantograph verwandt); man kann ferner die Glas-platte mit der Spurkurve wie ein photographisches Negativ einfach auf lichtempfindliches Papier über-kopieren. So erhält man ein anschauliches Bild davon,

ob alle Quadranten gleich häufig besucht wurden oder nicht. Die Aufenthaltszeiten in den einzelnen Quadranten konnten auch festgestellt werden, doch gab auch die Kriechspur allein genügend Anhaltspunkte zur Beurteilung. Hatte Verf. sich überzeugt, daß die Daphnie keinen Quadranten vor den anderen bevorzugte, so führte er in einen Quadranten das freie Ende einer Nadelartig zusammengebogenen, andererseits geschlossenen Capillare von 2—3 mm Inhalt ein, und zwar in einem Punkte auf dem den Quadrantenwinkel halbierenden Radius, der um zwei Drittel der Radiuslänge vom Zentrum abstand. Das Versuchsgefäß enthält stets 10 cm Wasser.

Bei Anwendung von Ammoniak, 10proz. NaOH und 10proz. HCl wurde der Quadrant mit der Capillare vermieden; Helligkeitsunterschiede im Verhältnis 1 : 10 hatten keinen Einfluß auf Güte und Sinn der Reaktion. Ein Brotkrümchen zieht unter geeigneten Umständen die Daphnie an: Positiv phototaktische Individuen fliehen bei starker Beleuchtung den Quadranten mit dem dunklen Stückchen Brot, ebenso auch, wenn statt seiner ein schwarzer Papierschneitzel hineingelegt wird; bei schwacher Beleuchtung dagegen ziehen sie sich zum Brote hin (ob nicht ebenso auch zum schwarzen Papier, ist nicht ausdrücklich gesagt). Negativ phototaktische Tiere halten sich bei stärkerer Beleuchtung ganz am Rande des Schälchens auf und vermeiden das hellere Zentrum, dem die Brotkrume benachbart liegt; in schwachem Lichte aber ziehen sie zur Brotkrume hin und bleiben vorwiegend in ihrer Nähe. Enthält die Capillare Milch (1 : 10), so sucht das Tier den Milchquadranten auf; wird aber dem Wasser 0,01 cm Milch zugegeben, so unterbleibt die Reaktion. Bornylacetat in der Capillare (1 : 20 000) gibt stark positive Reaktionen; Zugabe von 0,1 cm der gleichen Bornylacetatverdünnung zum Wasser im Schälchen hebt die Reaktion auf. Ebenso zerstört Bornylacetat im Wasser auch die sonst positive Reaktion auf Palmitinsäure in der Capillare, nicht aber die auf Milch. Umgekehrt kompensiert Milch im Wasser nicht die positive Reaktion auf Bornylacetat in der Capillare. Ähnlich kann die an sich positive Reaktion auf Laurinsäure durch Benzaldehyd, die auf Margarinsäure durch Milch kompensiert werden. Negativierend wirkten weiterhin hochwertige Alkohole und niedere Fettsäuren (Octyl-, Decyl- und Undecylalkohol, Ameisensäure, Essigsäure, Propion-, Butter- und Valeriansäure), positivierend niedere Alkohole und hochwertige Fettsäuren (Methyl-, Äthyl-, Butyl- und Amylalkohol, Caprylsäure, Heptyl-, Octyl-, Decyl-, Undecyl-, Laurin-, Palmitin- und Margarinsäure). Verf. wird die Untersuchungen fortsetzen und empfiehlt seine Methode mit Recht auch für andere freibewegliche Wirbellose. Über die vgl. psychologischen Versuchsergebnisse soll an anderer Stelle berichtet werden. Kochler, München.

Über den Einfluß der Äthernarkose auf die Heimkehrfähigkeit der Bienen. (Lothar Tiral, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 97, H. 1/6, S. 433—440, 1923.) Im allgemeinen wird angenommen, daß die Heimkehrfähigkeit der Bienen auf den individuellen Erfahrungen beruht, die sie bei ihren ersten, orientierenden Ausflügen gesammelt haben. *Bethe* hingegen führte die Heimkehrfähigkeit der Bienen auf eine angeborene, unbekannte Kraft zurück. Bienen, die eben geschwärmt haben und in einen neuen Stock versetzt worden sind, kehren nun nach jedem Ausflug an diesen neuen Wohnort zurück. Hat *Bethe* recht, so ist anzunehmen, daß das Auffinden des neuen Wohnortes von vornherein mit der gleichen Sicherheit erfolgt wie später. Beruht aber die Heimkehrfähigkeit auf Erfah-

rungen, die erst gesammelt werden müssen, so werden die Bienen nach einigen Tagen auf Grund reicherer Erfahrung mit größerer Sicherheit heimfinden als zu Anfang. Es handelt sich also darum, zu prüfen, ob die Bienen nach ihrem neuen Wohnort an den ersten Tagen noch nicht mit der gleichen Sicherheit zurückfinden wie später. Dies wird sich am besten zeigen, wenn man Störungen setzt, und als solche Störung wurde die Äthernarkose angewandt. Aus einem neuen Schwarm wurden einige Dutzend Bienen herausgenommen, in tiefe Narkose versetzt und nach dem Erwachen etwa 6 m vom Heimatstocke entfernt fliegen gelassen. Gleich nach dem Schwärmen sowie nach 1 und 2 Tagen fand keines der so behandelten Tiere heim; am 3. Tage nach dem Schwärmen jedoch fanden bereits 30 %, am 4. Tage 60—70 %, am 8. Tage 90 % nach Hause. Dies spricht sehr deutlich gegen *Bethes* Hypothese von der „unbekannten Kraft“ (die übrigens durch andere Beobachtungen bereits widerlegt ist); die Bienen lernen durch ihre individuellen Erfahrungen die Lage ihres Stockes kennen, und ihre Heimkehrfähigkeit ist um so größer, je länger und je öfter sie zu ihrem Stock zurückkehren. K. v. Frisch, Rostock.

Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die Dürresistenz der Xerophyten. (N. A. Maximow, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. 62, H. 1, S. 128—144, 1923.) Das pflanzenphysiologische Laboratorium beim Botanischen Garten in Tiflis hat seit etwa 10 Jahren, zunächst unter Leitung des Verf., jetzt unter dessen Nachfolger W. G. Alexandrov, das Studium der physiologischen Eigentümlichkeiten der Xerophyten betrieben. Die noch nicht vollständig abgeschlossenen Untersuchungen erlauben schon jetzt eine Änderung der bisherigen Ansichten über die Wasserbilanz dieser ökologischen Pflanzengruppe herbeizuführen. Verf. stellt in der vorliegenden Arbeit die wichtigsten Ergebnisse der Tifliser Forschungen kurz zusammen, was auch deshalb besonders begrüßt werden darf, weil die Originalarbeiten in zurzeit schwer erhältlichen russischen Zeitschriften und in russischer Sprache publiziert worden sind.

Nach der geläufigen Meinung sind die Gründe, welche es den Xerophyten erlauben, trockene und heiße Gegenden zu besiedeln, wo Mesophyten des mäßig feuchten Klimas aus Wassermangel zugrunde gehen, vornehmlich in morphologischen und anatomischen Besonderheiten zu suchen, wie z. B. in der Reduktion der Blattspreiten, im Ersatz der Spreiten durch Blattstiele oder abgeflachte oder kantige Sprosse, im Schutz der transpirierenden Flächen durch dicke Cuticula, Haare, Wachsüberzüge u. dgl. Etwaigen physiologischen Eigentümlichkeiten, die die hervorragende Dürresistenz der Xerophyten bedingen könnten, ist weniger Beachtung geschenkt worden.

Im ganzen betrachtet führen die Tifliser Arbeiten nun aber zu dem Schluß, daß die bisherige Anschauung nur noch teilweise beibehalten werden kann. Sie trifft nur zu bei den Kakteen, Agaven, Alöe und anderen Succulenten, nicht aber bei Steppen- und Halbwüstenxerophyten, die überhaupt keine großen Wasservorräte besitzen. Diese Xerophyten verbrauchen das schwierig bezogene Wasser ziemlich schnell wieder oder häufig sogar sehr intensiv. In den Mittagsstunden verarmen sie sichtbar an Wasser (höhere Transpirationsintensität). Auch hat sich das Verhältnis zwischen Wasserverbrauch und Trockensubstanzgewinn („Produktivität der Transpiration“) für sie als nicht besonders günstig erwiesen. In den trockenen Gegenden stellen selbst die resistentesten Xerophyten das Wachstum während der Zeit der

größten Hitze und Dürre ein und nehmen es erst wieder auf beim herbstlichen Sinken der Temperatur und nach den ersten Niederschlägen. Sie alle entwickeln sich besser bei erhöhter Bodenfeuchtigkeit. Daher ist es nicht Trockenheitsliebe, sondern Dürresistenz, was sie auszeichnet.

Der Unterschied zwischen dürreresistenten und nicht resistenten Pflanzen ist nur zu begreifen aus dem Erscheinungskomplex des Welkens. Die Pflanzen der trockenen Standorte haben äußere morphologische und anatomische und innere physiologische Einrichtungen, die ihnen das Welken und besonders das permanente Welken ohne schädliche Wirkungen oder mit dem minimalsten Schaden ertragen helfen. Hierher rechnet Verfasser vor allem den Reichtum der Xerophyten an verholzten Elementen als Vorbeugung gegen die schädlichen mechanischen Folgen des Turgorverlustes, und ähnliche Bedeutung mögen die sonst genannten „xerophytischen“ Merkmale haben. Auf die Herabsetzung der Transpiration haben sie alle keinen sichtbaren Einfluß. Weit wichtiger aber für die Dürresistenz sind die inneren physiologischen Eigentümlichkeiten, wie z. B. relativ hoher osmotischer Wert in den Xerophytenzellen und möglicherweise mit ihm verknüpft eine Anhäufung besonderer Schutzstoffe in den Zellen. „die das Plasma vor der schädigenden Wirkung der Dürre auf ähnliche Art schützen, wie das Anhäufen des Zuckers es vor der schädigenden Wirkung des Wasserentzuges während des Gefrierens schützt“. Die dürreresistenten Pflanzen brauchen eine viel längere Zeit zum Öffnen der Stomata als die weniger resistenten, was ebenfalls von Wichtigkeit sein kann. Verfasser setzt seine Untersuchungen nunmehr in Petersburg fort. Als vorläufiges Ergebnis erwähnt er noch, daß die dürreresistenten Pflanzen, im Gegensatz zu den typischen Mesophyten, viel größere Schwankungen ihres Wassergehaltes ohne zu welken aufweisen und größere in turgorlosem Zustande zu ertragen vermögen.

Dörries, Berlin-Zehlendorf.

Ber. üb. d. ges. Physiol. u. experim. Pharmakol.

Die komplementäre chromatische Adaptation. Nachdem Engelmann vor 40 Jahren die Tatsache entdeckt hatte, daß bei den Chlorophyll führenden grünen Pflanzen die Assimilationsleistung in jenen Strahlenbezirken am größten ist, die von dem Farbstoff am stärksten assimiliert werden, also im Rot, versuchte er auf Grund dieses Verhältnisses die abweichenden Färbungen der Meeresalgen zu erklären. Da im Wasser die kurzwelligeren Strahlen am raschesten verschluckt werden, so führt er die rote Farbe der in größerer Meerestiefe vorherrschenden Rotalgen darauf zurück, daß nunmehr der langwellige Teil des Spektrums ausgenutzt wird; darauf würde die Bedeutung des roten Farbstoffes, des Phycoerythrins, beruhen, das in erster Linie den grünen Strahlenbezirk absorbiert. Das ist der Gedanke, der seiner Theorie der „komplementären Adaptation“ zugrunde liegt. Sein Schüler Gaidukow hat dann diese Theorie experimentell zu stützen versucht; er arbeitete mit blaugrünen Algen (Cyanophyceen), die bekanntlich in bezug auf ihre Farbtonung sehr variabel sind; er kultivierte sie in verschiedenfarbigem Licht. Er stellte für *Oscillatoria sancta* folgendes Verhalten fest: in rotem Licht wird die Alge grünlich, in gelbem Licht blaugrün, in grünem Licht rötlich, in blauem Licht braungelb, nimmt also der Theorie entsprechend den komplementären Farbton an. Die Ergebnisse Gaidukows sind vielfach angefochten worden. Es stellte sich heraus, daß die Farbentracht der Cyanophyceen in hohem Maß von den Ernährungsverhältnissen und der

Lichtintensität abhängig ist, und man suchte die Gaidukowschen Befunde leiglich auf diese beiden Faktoren zurückzuführen. Unter Berücksichtigung dieser Einwände hat nun Boretsch die Frage erneut aufgegriffen und gelangte zu einer teilweisen Bestätigung der Angaben Gaidukows (Arch. f. Protistenkunde 71. 1921). Allerdings zeigten von 18 geprüften Arten nur 4 das Vermögen der komplementären Farbenwandlung, und auch bei diesen erstreckte sich die Adaptation nicht auf alle Strahlenbezirke, wie dies Gaidukow angibt, sondern bloß auf den roten und grünen Bezirk des Spektrums: im roten Licht werden sie blaugrün, im grünen violett; die gelbbraune Farbe, die Gaidukow im Blau beobachtete, beruht wohl auf einer Schädigung (Zerstörung des Farbstoffes). Boretsch vermochte nun den Mechanismus des Farbwechsels in der Weise aufzudecken, daß ihm der Nachweis gelang, daß sich das Mengenverhältnis des blauen und roten Farbstoffes (Phycocyan und Phycoerythrin) mit der Belichtung verschiebt, und zwar in der Weise, daß immer der Farbstoff gebildet wird, der die betreffenden Strahlen maximal absorbiert, also im Rot Phycocyan, im Grün Phycoerythrin. Der ökologische Wert dieses Verhältnisses ist klar, und darin liegt eine Bestätigung der Engelmannschen Gedankenreihe. Damit ist aber die Bedeutung der Farbstoffe sicher nicht erschöpft. Sowohl Cyanophyceen wie auch Rotalgen besitzen neben den genannten Pigmenten auch noch Chlorophyll und Xanthophyll, verfügen also über einen ganzen Satz von Farbstoffen. Da nun jedem dieser Pigmente ein besonderes Absorptionsmaximum zukommt, so vermögen die Algen — die Mitwirkung sämtlicher Pigmente bei der Assimilation vorausgesetzt — die verschiedensten Bezirke des Spektrums gleichzeitig auszunutzen, ein Verhalten, das nach Boretsch besonders deshalb sehr zweckmäßig ist, weil sowohl Cyanophyceen wie auch Rotalgen an Standorten mit sehr geringer Lichtintensität gedeihen, also auf ökonomisches Arbeiten angewiesen sind.

Stark.

Über den Farbstoff der grünen Bakterien. In schwefelwasserstoffhaltigen Kulturen von Purpurbakterien treten häufig auch grüngefärbte Bakterien auf, die Lauterborn unter dem Namen Chlorobakterien zusammengefaßt hat. Diese Chlorobakterien, die auch anderwärts zur Beobachtung gelangt sind, weisen dieselbe Formenmannigfaltigkeit auf wie die Purpurbakterien; man trifft oft nebeneinander Stäbchen, Fäden und Spirillen an. Der extrahierte gelberüne Farbstoff liefert ein Spektrum, das jenem des Chlorophylls in vieler Hinsicht gleicht, und da Engelmann bei den Chlorobakterien Assimilationsfähigkeit nachgewiesen hat, so lag die Vermutung nahe, daß es sich tatsächlich um Chlorophyll handelt. Indessen hat schon Bader darauf hingewiesen, daß gewisse spektrale Abweichungen vorhanden sind, und diese Dinge sind nun neuerdings von Metzner (Ber. d. deut. bot. Ges. 40, 1922) näher untersucht worden. Es ergab sich, daß das für das Chlorophyll charakteristische Band im Rot zwar vorhanden, aber etwas schmaler und nach dem roten Spektralende verschoben ist, die Absorption im Blau stimmt bei beiden Farbstoffen überein. Dagegen weist der Farbstoff der Bakterien noch ein ihm eigentümliches Band an der Grenze des sichtbaren Rots auf, während die übrigen Chlorophyllbänder fehlen. Ebenso unterscheidet sich das Spektrum des durch Säure behandelten Bakterienfarbstoffes in gewissen Punkten von dem des Chlorophylls. Metzner gelangt daher zu dem Schluß, daß der in Frage kommende Farbstoff für den er den Namen „Bakterioviridin“ vorschlägt.

mit dem Chlorophyll, dem er in funktioneller Hinsicht offenbar entspricht, zwar nicht identisch ist, ihm aber anscheinend in chemischer Hinsicht sehr nahe steht. Völlig verschieden dagegen ist er von dem Bakteriochlorin, d. h. jenem Farbstoff, der in den Purpurbak-

terien neben dem Bakteriopurpurin auftritt. Die nahe-
liegende Annahme, es könne sich bei den Chlorobakterien um Purpurbakterien handeln, die ihren roten Farbstoff verloren haben, entbehrt also der Grundlage.
Stark.

Astronomische Mitteilungen.

Die kleinen Planeten haben in mancher Beziehung begonnen, den Astronomen über den Kopf zu wachsen. Die Anwendung der Photographie hat die Zahl der Neuentdeckungen so stark gesteigert, daß wir heute bereits rund tausend mit Sicherheit nicht untereinander identische Objekte dieser Art kennen. Sollen diese Entdeckungen nicht wieder verloren gehen und jeder zu irgendeiner Zeit beobachtete kleine Planet unzweideutig als einer der bereits bekannten oder als neuer bezeichnet werden können, dann ist es notwendig, die Bahnelemente all dieser kleinen und kleinsten Himmelskörperchen so gut zu berechnen, daß daraus Ephemeriden mit hinreichender Genauigkeit sich ableiten lassen. Es ist klar, daß bei der großen Zahl einerseits und der kurzen, seit der Entdeckung verflossenen Zeit andererseits, den kleinen Planeten nicht entfernt die Sorgfalt zugewandt werden kann, welche wir von den Untersuchungen der Bewegungen der großen Planeten fordern. Die eigentliche, letzte Aufgabe bestünde allerdings darin, für jeden Planeten die „mittleren Elemente“ und die „allgemeinen Störungen“ durch die sämtlichen übrigen Mitglieder des Sonnensystems zu bestimmen, wodurch die Bewegung für alle Zeiten auf Grund des Newtonschen Gravitationsgesetzes festgelegt wäre. Diese Aufgabe ist in ihrer Allgemeinheit indessen bisher nur in einem einzigen Falle, durch *Leveau* für Vesta, gelöst worden. Im übrigen hat man sich mit mehr oder minder großen Annäherungen an dieses Ziel begnügen müssen. Der erste Schritt auf dem Wege der Sicherung der Entdeckungen ist der, daß aus den vorliegenden Beobachtungen Elemente ohne Rücksicht auf die Störungen abgeleitet werden, welche die Berechnung einer Ephemeride zur Wiederauffindung des betreffenden Planeten bei der nächsten Opposition ermöglichen. Diese Aufgabe wird im wesentlichen vom Berliner Recheninstitut geleistet. Auf Grund weiterer Beobachtungen werden die ersten Elemente so lange rein empirisch korrigiert, bis eine umfassendere Bearbeitung des Materials vorgenommen werden kann. Ein weiterer Schritt besteht in der Durchführung eines Planes *Brendels*. Dieser will für gewisse Gruppen von Planeten die Störungen so weit berücksichtigen, daß die geometrischen Örter der kleinen Planeten für die nächsten 100 Jahre innerhalb 20' dargestellt werden. Durch *Brendels* und seiner Schüler Arbeiten ist diese Aufgabe für ein Viertel der bekannten Planeten bereits gelöst. Noch einen Schritt näher dem letzten Ziel führt eine auf *Hansen*, *Bohlin* und *v. Zeipel* zurückgehende Methode der gruppenweisen Berechnung der Störungen, welche namentlich von *Leuschner* auf einige Asteroiden angewandt wurde. Die Methode liefert bereits sehr gute mittlere Elemente und allgemeine Störungen der ersten Ordnung. Über sie hinaus führen dann nur noch fundamentale Untersuchungen der von *Leveau* für Vesta ausgeführten Art. Diese letzteren setzen aber die unbedingte Kenntnis guter oskulieren-der Elemente für mehrere Epochen voraus. Deren Beschaffung zu erleichtern und zu fundamentalen Bearbeitungen geeigneter kleinen Planeten zu ermütern,

ist der Hauptzweck einer Zusammenstellung, welche *Leuschner* in Nr. 25 des „Bulletin of the National Research Council“ gibt: A Survey of the Status of the Determination of the General Perturbations of the Minor Planets. Es ist darin Material für 21 der kleinen Planeten gegeben, deren Auswahl zum Teil zufällig ist. Man findet darunter u. a. die vier ältesten Planeten Ceres, Pallas, Juno und Vesta, deren Beobachtungen sich nun schon über mehr als ein Jahrhundert erstrecken, dann die „Trojaner“ Achilles, Patroklos, Hektor, Nestor, Priamus und Agamemnon, bekannt durch ihre Beziehungen zu Jupiter, und Eros, der weit- aus die meisten Elementeberechnungen aufzuweisen hat. Die geringe Anzahl der in die Übersicht aufgenommenen Planeten, die nicht überall erreichte und auch nicht angestrebte Vollständigkeit der Angaben, wie der durch äußere Gründe bedingte Verzicht auf Mitteilung der vollständigen Bibliographie geben dem an sich sehr verdienstvollen Werke den Charakter einer ersten Vorarbeit, deren Zweck *Leuschner* selbst dahin präzisiert: „The main purpose of this report is the encouragement of fundamental researches essential to the ultimate aims of astronomical science, which . . . require the knowledge of accurate elements and perturbations of the minor planets.“
Kienle.

Die Entfernungen der B-Sterne. Bei der Beschreibung der scheinbaren Verteilung der Heliumsterne (S. 116 dieses Jahrgangs) wurde schon darauf hingewiesen, daß die Diskussion des Henry-Draper-Katalogs der Sternspektren zur Aufgabe der Anschauung zwingt, daß die B-Sterne ausschließlich in der nächsten Umgebung der Sonne vorkommen (nach *Charlier* und *Gyllenberg* innerhalb 1000 bzw. 300 parsecs in den Richtungen der Milchstraße und senkrecht dazu). In einer kurzen Note in Harvard Bulletin 787 gibt *Shapley* einige weitere Zahlen hiezu. Ein Stern mit der absoluten Helligkeit — 1,0 erscheint in der Entfernung 1000 parsecs von der scheinbaren Helligkeit 8,6. Alle B-Sterne, welche scheinbar schwächer sind, müssen demnach, wenn man berechtigt ist, ihnen dieselbe absolute Helligkeit zuzuschreiben — und daran scheint man kaum zweifeln zu dürfen —, jenseits dieser Grenze stehen. Der Henry-Draper-Katalog weist eine ganz beträchtliche Anzahl solcher Sterne auf, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

heller als 8,25		2061 Sterne
8,26 bis 8,75	482	„
8,76 „ 9,25	483	„
9,3 „ 9,7	305	„
9,8 „ 10,2	154	„
10,3 „ 10,7	76	„
10,8 „ 11,2	13	„
11,4 „ 11,6	7	„

Von den rund 3600 B-Sternen des Henry-Draper-Katalogs dürften also gegen 1000 in Entfernungen jenseits 1000 parsecs zu suchen sein und die schwächsten haben vielleicht Entfernungen von 3000 parsecs und mehr.
Kienle.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 34. (Seite 713—728.)

24. August 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Ist die Hydrolyse der Eiweißkörper Pepsin und Trypsin als homogene Reaktion aufzufassen? Von *John H. Northrop, New York*. S. 713.

Über Mutterkorn. Von *A. Stoll, Basel*. (Schluß) S. 720.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Ein Vorschlag zur Raumfrage. Von *Rud. Seeliger, Hagen (Westf.)*. S. 725.

Das Versagen der Mechanik in der Quantentheorie. Von *A. Landé, Tübingen*. S. 725.

Botanische Mitteilungen. S. 726—727.

Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen. Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit.

Astronomische Mitteilungen. S. 727—728.

Mitteilungen der Universitätssternwarte Innsbruck. Die Funkentelegraphischen Zeitsignale.

Verlag von Julius Springer in Berlin W9

Soeben erschienen:

Die neueren chemotherapeutischen Präparate aus der Chininreihe

(Optochin, im besonderen Eukupin und Vuzin)

und aus der Akridinreihe

(Trypaflavin, Rivanol)

Eine kritische Besprechung des bisherigen Erfolges und der Grundlagen der Therapie

Von

Ernst Laqueur

Direktor des pharmakologischen Instituts Amsterdam

Unter Mitwirkung von

A. Grevenstuk

Assistent a. pharmakologischen
Institut Amsterdam

A. Sluyters

I. Assistent am pharmakolog.
Institut Amsterdam

L. K. Wolff

I. Assistent am hygienischen
Institut Amsterdam

(Sonderabdruck aus „Ergebnisse der inneren Medizin und Kinderheilkunde“ 23. Band)

(II, 92 S.) — GZ. 3

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige-Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 15. August 1923: 700 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 985 Julius Springer.

Bezugspreis f. September

Der Verlag sieht sich infolge der unaufhaltsam fortschreitenden Teuerung gezwungen, den Postbezugspreis der „Naturwissenschaften“ für den Monat September im Einverständnis mit der Postverwaltung als „freibleibend“ zu bezeichnen. Tritt die Notwendigkeit ein, den Preis zu erhöhen, so wird der Unterschiedsbetrag zwischen dem an die Post bezahlten und dem neuen Preise unmittelbar von unseren Beziehern erbeten werden.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9

VERLAG VON J. F. BERGMANN IN MÜNCHEN

Chemie der Enzyme

Von

Professor **Hans Euler**

Professor der Chemie an der Universität Stockholm

Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage

1. Teil: **Allgemeine Chemie der Enzyme.** Mit 32 Textfiguren und 1 Tafel. (XI, 308 S.) 1920. GZ. 21, geb. GZ. 24
2. Teil: **Spezielle Chemie der Enzyme.** 1. Abschnitt: **Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside.** Mit 44 Textfiguren. (X, 314 S.) 1922. GZ. 21

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Ist die Hydrolyse der Eiweißkörper Pepsin und Trypsin als homogene Reaktion aufzufassen*)?

Von John H. Northrop, New York.

(Aus den Laboratorien des Rockefeller-Instituts für medizinische Untersuchungen.)

Das Studium der Enzyme im allgemeinen und der proteolytischen Enzyme im besonderen hat zu Ergebnissen geführt, welche mehr oder weniger von den Resultaten abweichen, die für eine ideale, katalytische, monomolekulare Reaktion zu erwarten sind. Die Unstimmigkeiten im Falle des Pepsins und Trypsins können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Für ideal monomolekulare Reaktion in Gegenwart eines Katalysators zu erwartende Resultate.

Experimentelle Resultate.

A. Bei konstanter Substratkonzentration.

1. Die zur Spaltung einer gegebenen Substanzmenge notwendige Zeit ist umgekehrt proportional der Konzentration des Katalysators.

2. Die Menge des in einer gegebenen Zeit gespaltenen Substrats ist der Konzentration des Katalysators proportional¹⁾.

1. Die notwendige Zeit ist in einem Falle der Konzentration des Enzyms umgekehrt, proportional, in einem anderen Falle nicht.

2. Die Menge des gespaltenen Substrats ist der Konzentration des Enzyms nicht proportional. In gewissen Fällen ist die Menge des gespaltenen Substrats der Quadratwurzel der Enzymmenge proportional.

B. Bei konstantem Enzym.

3. Die zur Spaltung eines bestimmten prozentualen Anteils des Substrats notwendige Zeit ist unabhängig von der Substratkonzentration.

4. Die Menge des in einer gegebenen Zeit gespaltenen Substrats ist direkt proportional der Substratkonzentration.

5. Das erreichte Endgleichgewicht wird durch die Gegenwart des Katalysators nicht beeinflusst.

6. Eine unendlich kleine Menge des Katalysators kann eine unendlich große Menge des Substrats spalten.

3. Die notwendige Zeit ist nicht unabhängig von der Substratkonzentration und kann unter bestimmten Umständen der Substratkonzentration proportional sein.

4. Die gespalte Menge ist nicht direkt proportional der Substratkonzentration und kann von ihr unabhängig sein.

5. Dieser Punkt ist experimentell nicht geklärt.

6. Eine begrenzte Menge des Enzyms kann nur eine begrenzte Menge des Substrats spalten. Der Umfang der Reaktion ist merklich von der Wasserstoffionenkonzentration der Lösung abhängig.

Die Tabelle zeigt, daß die Kinetik der Pepsin- und Trypsinverdauung mit den Resultaten, die nach der klassischen Theorie der homogenen Katalyse zu erwarten sind, in keiner Weise praktisch übereinstimmt. Solche Resultate haben manche Forscher zu dem Schluß geführt, daß Enzymreaktionen nicht homogen sind, sondern heterogen, und daß die gelegentliche Übereinstimmung mit den Gesetzen der homogenen Reaktionen auf Zufall beruht. Diesen Standpunkt hat Bayliss (16) klar vertreten. Ohne Zweifel bestehen Analogien zwischen Eigentümlichkeiten von Enzymreaktionen und Reaktionen von unzweifelhaft heterogenem Charakter, wie z. B. Bredig und Armstrong gezeigt haben. Arrhenius (1), Michaelis (2), Euler (3) und Tammann (4) haben andererseits angenommen, daß die Enzymreaktionen homogen sind, während die Unstimmigkeiten durch verschiedene sekundäre Reaktionen verursacht werden, welche nicht auf Rechnung der einfachen monomolekularen Formel zu setzen sind und daß bei Berücksichtigung dieser Reaktionen die Experimente dem Massenwirkungsgesetz folgen. Diese Auffassung ist entschieden insofern von Vorteil, als man so zu einer Hypothese mit einer bestimmten, mathematischen Formel auf einer einfachen theoretischen Basis gelangen kann. Die Schwierigkeiten entstehen dadurch, daß die gewöhnlich angewandten Gleichungen mehrere Konstanten enthalten, so daß die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den beobachteten Resultaten sehr an Wert verliert. Das hängt damit zusammen, daß die meisten Arbeiten sich mit der Kinetik der Reaktion beschäftigen. Bekanntlich bereiten die kinetischen Reaktionen experimentell die größten Schwierigkeiten. Zum Beispiel ist die Theorie der Kinetik der Zuckerhydrolyse, trotzdem sie lange Jahre durch zahlreiche Forscher studiert worden ist, noch ganz unvollkommen. Man wird daher besser an das Problem herankommen, wenn man die Reaktion des Enzyms mit Substanzen studiert, welche von ihm nicht gespalten werden. Schon lange ist es bekannt, daß eine Eiweißlösung, welche durch Pepsin oder Trypsin hydrolysiert worden ist, Substanzen enthält, welche die Wirkungen des Enzyms hemmen. Wahrscheinlich verbinden sich die Hemmungssubstanzen mit dem Enzym. Es wurde daher die Reaktion zwischen der Hemmungssubstanz und dem Enzym studiert. Die Versuche zeigten, daß, wenn das Enzym und

*) Die Schriftleitung verdankt die Übersetzung aus dem Original Herrn Prof. Dr. Martin Jacoby, Berlin, Krankenhaus Moabit.

1) Das ist nur zutreffend, wenn der prozentuale Anteil des gespaltenen Substrats klein ist.

die Eiweißlösung sorgfältig gereinigt waren, die Zeit, welche notwendig ist, um kleine Änderungen der Viskosität oder der Leitfähigkeit des Eiweißkörpers durch die Einwirkung des Enzyms herbeizuführen, umgekehrt proportional der Konzentration des Enzyms ist. Das ist eine rein experimentelle Tatsache. Es kann daher die Quantität des vorhandenen aktiven Enzyms als umgekehrt proportional der Zeit angesehen werden, welche notwendig ist, um eine willkürlich geringe Änderung in der Leitfähigkeit oder Viskosität einer Gelatinelösung unter konstanten Bedingungen (Temperatur, p_H usw.) herbeizuführen. Es wurden konzentrierte Lösungen der Hemmungssubstanz oder von Substanzen, welche durch Enzymhydrolyse einer Eiweißlösung gewonnen waren, hergestellt. Die Substanz ist leicht dialysabel und es besteht daher kein Grund zu der Annahme, daß sie sich nicht in wahrer Lösung befindet. Auch Trypsin geht durch eine Collodiummembran mit beträchtlicher Geschwindigkeit, so daß es sich auch ebenso wie die Hemmungssubstanz wie eine echt lösliche Substanz verhält.

Einfluß der Reihenfolge der Mischung. Beweis der Reversibilität der Reaktion.

Wenn man die Reaktion als eine homogene Massengleichgewichtsreaktion auffassen will, ist es notwendig, zu zeigen, daß sie schnell und vollständig reversibel ist. Heterogene Reaktionen sind dagegen gewöhnlich nicht ohne weiteres reversibel. Tabelle I vergleicht die Resultate, die man erhält, wenn man die Hemmungssubstanz mit Trypsin in einem kleinen Volumen Wasser mischt und dann verdünnt, mit den Resultaten,

Tabelle I.
Einfluß der Art der Zufügung der Hemmungssubstanz

	Notwendige Zeit für 1 ⁰ / ₀ Hydrolyse	⁰ / ₀ der Inaktivierung
Trypsin allein (Kontrolle).		
1) 25 ccm Gelatine + 1 ccm Trypsin	0,16	0
2) 25 ccm Gelatine + 1 ccm Hemmungssubstanz) + 1 ccm Trypsin	0,21 0,22	26
3) 25 ccm Gelatine + 2 ccm (Mischung 1 ccm Trypsin + 1 ccm Hemmungssubstanz)	0,22 0,22	
Kohle.		
1) 10 ccm Gelatine + 1 ccm Wasser + 0,2 ccm Tryp- sin-Kontrolle	0,41	0
2) 10 ccm Gelatine + 1 ccm Kohlesuspension) + 0,2 ccm Trypsin		
3) 10 ccm Gelatine + 1 ccm Kohlesuspension + 0,2 ccm Trypsin)	3,00	87

die man erzielt, wenn man das Trypsin in verdünnter Lösung mit der Hemmungssubstanz mischt.

Die Versuche zeigen, daß bei Anwendung der aus Eiweißkörpern dargestellten Hemmungssubstanz das Endresultat immer dasselbe ist. Die Reaktion zwischen den zwei Substanzen muß daher reversibel sein, weil, wie wir unten sehen werden, die Menge des gebundenen Trypsins deut-

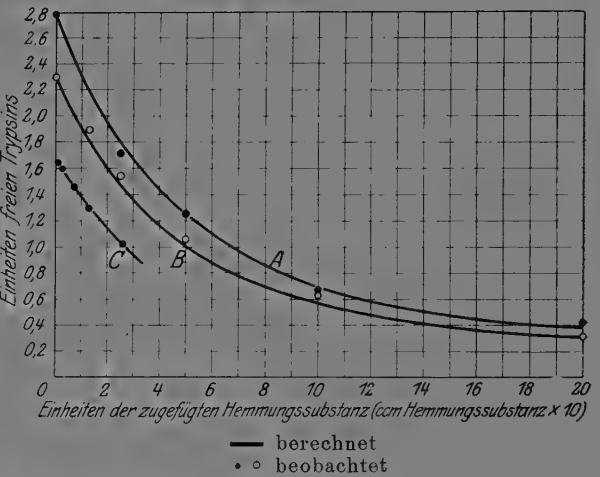


Fig. 1. Wirkung der Zufügung steigender Mengen von Hemmungssubstanz zu Trypsinlösungen verschiedener Stärke. Die ausgezogenen Kurven sind berechnete Werte und die Punkte stellen die beobachteten Einheiten von anwesendem, wirksamen Trypsin dar.

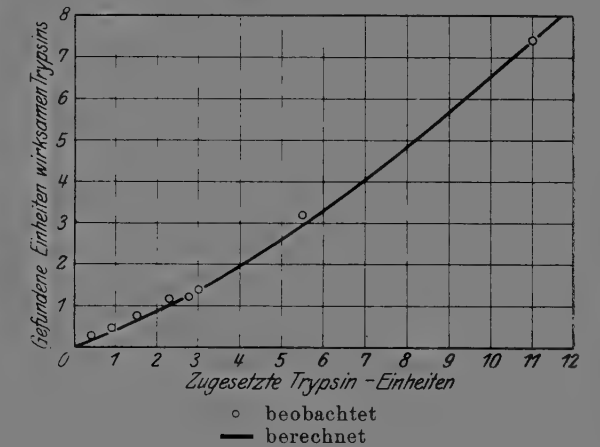


Fig. 2. Der Einfluß der Gesamtmenge des Trypsins auf die Inaktivierung, die durch 5 Hemmungseinheiten bewirkt wird. Steigende Mengen Trypsins werden zu Reihen von Röhren hinzugefügt, von denen jedes 25 ccm Gelatinelösung und 5 Hemmungseinheiten enthält. Gleichzeitig wird unter denselben Versuchsbedingungen eine Reihe ohne Hemmungssubstanz angesetzt.

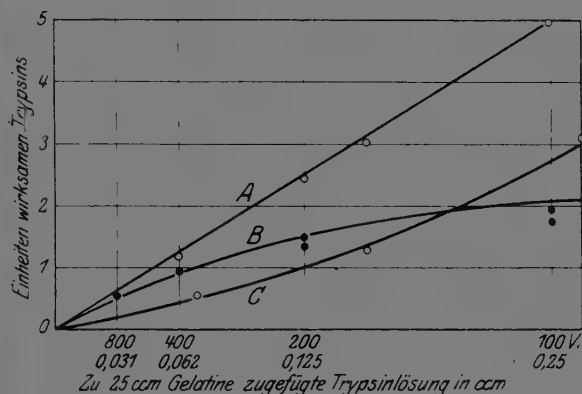
lich durch Änderung des Volumens geändert wird. Die mit Kohle erhaltenen Resultate sind davon ganz verschieden. Hier ist die Verbindung sehr viel vollständiger, wenn die Kohle zu konzentrierten Trypsinlösungen hinzugefügt wird, wie Hedin (5) gefunden hat. Die Verbindung mit Kohle ist daher nicht leicht reversibel. Die obigen Experimente zeigen daher nach meiner

Meinung klar, daß die Reaktion zwischen dem Enzym und der Hemmungssubstanz eine homogene Gleichgewichtsreaktion ist.

Fig. 1, 2 und 3 zeigen die Resultate, welche man erhält, wenn man die Menge der Hemmungssubstanz oder die Konzentration des Enzyms ändert und wenn man eine Mischung des Enzyms und der Hemmungssubstanz verdünnt (6). Die ausgezogenen Kurven sind in jedem Falle aus den Punkten gebildet, die aus dem Massenwirkungsgesetz zu berechnen sind unter Anwendung der folgenden Formel:

Enzym + Hemmungssubstanz \rightleftharpoons Enzym-Hemmungssubst.

Ferner ist anzunehmen, daß nur das freie Enzym wirksam ist.



A Reines Trypsin, verdünnt mit Wasser.

B Trypsin-Hemmungssubstanz, verdünnt mit Wasser.

C Trypsin-Hemmungssubstanz, verdünnt mit Lösung von Hemmungssubstanz.

V = Volumen der Lösung, die 1 ccm Trypsin enthält.

— berechnete Werte.

° beobachtete Werte.

Fig. 3. Der Einfluß der Gegenwart von Hemmungssubstanz auf die Konzentrations-Wirksamkeits-Kurve des Trypsins. Curve A, „reines“ Trypsin verdünnt mit Wasser. Curve B, Mischung von Trypsin und Hemmungssubstanz, verdünnt mit Wasser. Das Verhältnis von Trypsin zur Hemmungssubstanz ist daher konstant. Curve C, Mischung von Trypsin und Hemmungssubstanz, verdünnt mit einer Lösung von Hemmungssubstanz von derselben Konzentration, wie sie in der Trypsinlösung vorhanden war. Die Konzentration der Hemmungssubstanz ist daher in diesem Versuch konstant.

Es ist ersichtlich, daß in jedem Falle die experimentellen Resultate mit den berechneten Werten bis auf 5 % übereinstimmen. Die Abweichung ist nicht größer als der Versuchsfehler. Diese Versuche wurden wiederholt mit Pepsin und Trypsin und dem „Antitrypsin“ des normalen Serums. Immer wurden dieselben Resultate erhalten. Weiterhin wurde gefunden, daß die durch die oben wiedergegebene Formel verlangte Beziehung die einzige ist, welche für alle Versuche anwendbar ist. Der zumeist ausgeführte Versuch, in dem allein die Konzentration der Hemmungssubstanz variiert wird (Fig. 1), gibt keine entscheidenden Resultate. Zum Beispiel wurde gefunden, daß die Kurve mit gleicher

Genauigkeit in Einklang gebracht werden kann mit der Adsorptionsformel, einer bimolekularen Formel, wie mit der oben angewandten Formel. Berücksichtigt man jedoch alle Versuche, so ist das nicht der Fall.

Diese Versuche zeigen, daß die experimentellen Tatsachen, die man beim Studium der Reaktion zwischen Trypsin oder Pepsin und den Hemmungssubstanzen erhält, vollkommen nach dem Massenwirkungsgesetz erklärt werden können. Die Tatsache, daß die Formel zwei Konstanten enthält, beeinträchtigt natürlich die Sicherheit des Beweises. Berücksichtigt man jedoch die Vollkommenheit der Übereinstimmung und den breiten Umfang der experimentellen Bedingungen, so erscheint es nicht berechtigt, die Übereinstimmung als zufällig anzusehen. Euler (3) hat denselben Schluß beim Studium der Invertasewirkung gezogen.

Die obige Erklärung kann jetzt auf die Kinetik der Reaktion angewandt werden, und es ist überraschend, wieviele der Unstimmigkeiten mit der Annahme der monomolekularen Formel vorausgesagt und berechnet werden können²⁾. Wie oben dargelegt wurde, wird die Hemmungssubstanz aus dem Eiweißkörper durch die Wirkung des Enzyms gebildet. Wenn man also nicht sorgsam sowohl die Eiweißlösung wie die Enzymlösung reinigt, können beide schon Hemmungssubstanz enthalten. Wenn die Enzymlösung die Substanz enthält, findet man, daß der Grad der Verdauung weniger schnell als die Enzymkonzentration zunimmt. Das ist verwirklicht in Fig. 3. Kurve B. Daraus folgt, daß, je konzentrierter die Lösung ist, desto weniger freies und infolgedessen wirksames Enzym vorhanden ist. Wenn dagegen die Eiweißlösung Hemmungssubstanz enthalten sollte, sind die Resultate gerade umgekehrt, und man findet, daß der Grad der Verdauung viel schneller als die Enzymkonzentration

²⁾ Die theoretische Formel für die Reaktion zwischen je zwei Molekülen ist $dS/dt = KES$, wenn E die Enzymkonzentration und S die Substratkonzentration bedeutet. Wenn das Enzym als ein idealer Katalysator aufgefaßt wird, ist E konstant und die Gleichung wandelt sich in die einfache monomolekulare Formel um. Man kann jedoch zeigen, daß E in zwei Fällen nicht konstant ist, sondern während der Reaktion abnimmt: 1. wenn das Enzym sich ständig mit den Produkten der Reaktion verbindet und 2. wenn spontane Zersetzung des Enzyms eintritt. E ist dann keine Konstante, sondern muß dann als eine Funktion sowohl von E wie von X bezeichnet werden. Die Beziehung von E zu X , den Produkten der Hydrolyse, ist aus den oben beschriebenen Versuchen bekannt. Wenn die Versuchsbedingungen so gewählt sind, daß man die Spontaninaktivierung vernachlässigen kann, so ist es möglich, wie wir oben gezeigt haben, für den Einfluß der Reaktionsprodukte zu einer Übereinstimmung zwischen den Versuchen und den Voraussetzungen der Theorie zu gelangen. Richtet man andererseits die Versuchsbedingungen so ein, daß die prozentuale Inaktivierung des Enzyms durch die Produkte gering ist, dann kann E als eine Funktion von T ausgedrückt werden, und die Versuche stimmen wieder mit der Theorie überein, obwohl die Resultate gänzlich verschieden sind, die unter den obigen Bedingungen erhalten worden sind.

zunimmt. Das folgt aus den Resultaten, die in Fig. 2 und Kurve C der Fig. 3 wiedergegeben sind, welche zeigen, daß, je kleiner die Menge des Enzyms, desto größer der prozentuale Anteil des inaktivierten Enzyms. Mit anderen Worten, wenn die Konzentration der Hemmungssubstanz konstant ist, aber die totale Konzentration des Enzyms sich ändert, etwa von 4 zu 1, so findet man, daß die Konzentration des freien Enzyms und damit im Zusammenhang der Grad der Verdauung mehr als viermal so viel beträgt. Das sind einige der kleinen Unstimmigkeiten, welche auf demselben Wege erwartet und voraus berechnet werden können.

Die Versuche können auch als eine experimentelle Bestätigung der Arrheniusschen Ableitung der Schützschens Regel angesehen werden. Arrhenius führte aus, daß, wenn man annimmt, daß durch die Wirkung des Enzyms Substanzen gebildet werden, welche sich mit dem Enzym unter Entstehung einer inaktiven Verbindung

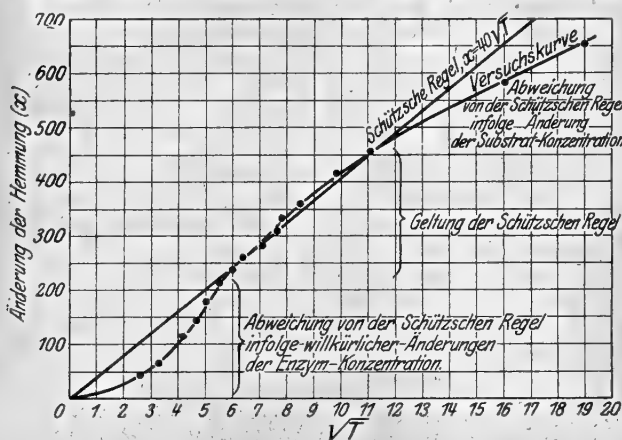


Fig. 4. Kurven, welche den Grad der Verdauung von Eiereiweiß zeigen.

verbinden, sobald die Substanz in großem Überschuß anwesend ist, die Menge des freien Enzyms direkt proportional dem Anwachsen der Reaktionsprodukte abnimmt. Der Grad der Reaktion wird daher umgekehrt proportional sein zu der Menge der gebildeten Produkte und infolgedessen die Menge der gebildeten Produkte proportional der Quadratwurzel der verflossenen Zeit sein. Die Ableitung kann mathematisch folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k}{x} \text{ oder integriert } x = k \sqrt{t}$$

Wenn diese Ableitung richtig ist, folgt daraus, daß die Schützschens Regel nicht beim Beginn der Reaktion gilt, wenn die Hemmungssubstanz noch nicht im Überschuß vorhanden ist, noch am Ende der Reaktion, wenn die Reaktion allmählich zurückgeht beim Abnehmen der Substratkonzentration. Dieser Fall ist in Fig. 4 verwirklicht (7).

Wenn die Reaktion wie gewöhnlich mit einem sehr großen Substratüberschuß in Gang gebracht wird, findet man, daß die Schützschens Regel Gel-

tung hat, bis die Reaktion praktisch beendet ist. Daraus folgt, daß unter diesen Bedingungen die Reaktion aufhört, weil alles Enzym inaktiviert ist, obgleich nur ein kleiner Prozentsatz des Substrats aufgebraucht ist.

Das Gleichgewicht zwischen dem Enzym und der Hemmungssubstanz wird auch verantwortlich sein für die Anomalien, die im dem Grade der Inaktivierung der Enzymlösungen beobachtet worden sind (8). Gewöhnlich findet man zum Beispiel, daß, je konzentrierter eine Enzymlösung ist, desto stabiler sie auch ist, und ferner, daß die Inaktivierung dann langsamer fortschreitet, als nach der monomolekularen Formel zu erwarten ist. Es ist experimentell gezeigt worden, daß die Zufügung von Hemmungssubstanz das Enzym viel stabiler macht. Das freie Enzym wird daher schneller inaktiviert als die Enzym-Hemmungssubstanz-Verbindung. Nun ist schon gezeigt worden, daß, je konzentrierter die Lösung ist, desto größer die Menge des gebundenen Enzyms. Es folgt daher daraus, daß, wenn das gebundene Enzym stabiler ist, je konzentrierter die Lösung ist, sie desto stabiler sein wird, wie das auch experimentell festgestellt ist. Es ist auch gezeigt worden, daß, je kleiner die Menge des Enzyms ist, das gleichzeitig mit einer konstanten Menge Hemmungssubstanz vorhanden ist, desto größer der Anteil des Enzyms ist, der gebunden und damit stabiler wird. Daraus folgt dann auch, daß, wenn aktives Enzym zerstört wird, ein mehr oder weniger großer Anteil des verbleibenden Enzyms in gebundene und damit stabile Form übergeht. Der Grad der Inaktivierung wird daher immer langsamer werden, was auch experimentell festgestellt worden ist.

Die bisherigen Erörterungen zeigen, daß sehr vieles experimentell für die Hypothese spricht, daß die Reaktion zwischen dem Enzym und den Hemmungssubstanzen mit dem Massenwirkungsgesetz in Einklang steht und daß diese Hypothese es auch ermöglicht, quantitativ alle Anomalien vorherzusagen, welche man findet, wenn die Enzymkonzentration variiert wird.

Nunmehr muß jedoch noch dem Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration und der Substratkonzentration Rechnung getragen werden.

Der Einfluß von p_H .

Man hat schon sehr früh gefunden, daß der Säuregrad der Lösung einen sehr merklichen Einfluß auf den Umfang der Enzymwirkung hat, und Sørensen konnte zeigen, daß es sich hier in erster Linie um eine Funktion der Wasserstoffionenkonzentration handelt. Diese Schlußfolgerung ist für andere Enzyme ganz allgemein angenommen worden, aber es wird immer noch von einigen Forschern angenommen, daß die Wirksamkeit der proteolytischen Enzyme von den anderen Ionen und von dem physikalischen Verhalten der Substrate abhängig ist. Unter extremen Bedingungen mag das wahr sein, aber zu-

nächst ist p_H entscheidend, wie aus Fig. 5 zu ersehen ist, in welcher der Umfang der Verdauung von Gelatine und von Casein in Gegenwart von Na- und von Ba-, von SO_4 - und von Cl-Ionen verglichen wird (9).

Loeb (10) hat gezeigt, daß die physikalischen Eigenschaften der Lösungen sehr verschieden sind in Gegenwart von monovalenten Ionen im Vergleich mit divalenten Ionen, aber, wie die Abbildung zeigt, ist der Umfang der Verdauung in beiden Fällen gleich. Es ist daher mit Sicherheit zu schließen, daß es sich in erster Linie um eine Wirkung der Wasserstoffionenkonzentration und um eine chemische Wirkung handelt.

Wenn die Reaktion nach dem gewöhnlichen Gesetz der Lösungen abläuft, muß jede Steigerung des Grades der Reaktion zwischen dem Enzym und dem Eiweißkörper zu einer Zunahme

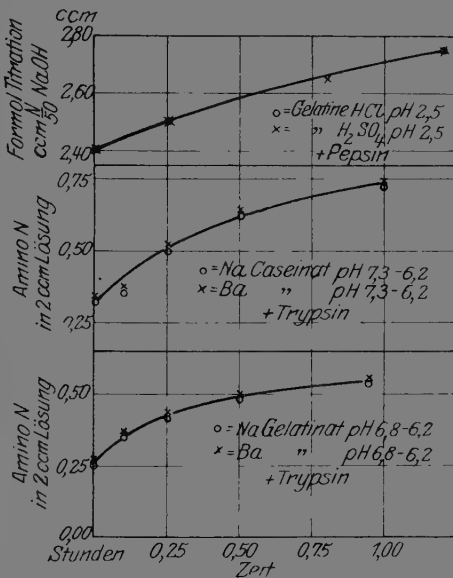


Fig. 5.

der „aktiven“ Konzentration einer der beiden Substanzen führen. Michaelis (2) hat gezeigt, daß die Kurve, die man von dem Einfluß von p_H auf die Wirksamkeit des Enzyms entwerfen kann, mit der Dissoziationskurve schwacher Basen oder Säuren identisch ist. Daraus schließt er, daß der Einfluß der Säure darin besteht, das Enzym zu ionisieren (oder eine Verbindung des Enzyms mit dem Substrat) und daß entweder das Ion oder das undissoziierte Molekül für die Reaktion verantwortlich war. Daraus würde jedoch folgen, daß der Einfluß von p_H bei einem bestimmten Enzym gegenüber verschiedenen Substraten derselbe sein müßte. Es wurde aber gezeigt, daß im Falle des Pepsins und Trypsins das nicht der Fall ist, sondern daß das p_H -Optimum mit dem Eiweißkörper wechselt. Man müßte folglich annehmen, daß es für jeden Eiweißkörper ein besonderes Enzym gibt; aber diese Annahme ist nicht gerechtfertigt, da dafür jeder Beweis fehlt. p_H hat daher vielmehr Einfluß auf das Substrat

als auf das Enzym. Das haben auch Arrhenius (1), Euler (1) und auch Ringer (12) angenommen.

Bekanntlich wirkt Pepsin nur in saurer Lösung, Trypsin dagegen nur in schwach alkalischer Lösung. Aus den Arbeiten Loeb's und anderer ist auch bekannt, daß die Eiweißkörper in saurer Lösung als saure Salze, in alkalischer Lösung als alkalische Salze vorhanden sind. Es ist klar, daß man unter der Annahme, daß Pepsin mehr oder weniger schnell mit positiven Proteinionen und Trypsin schneller mit negativen Proteinionen reagiert, qualitativ den beobachteten Tatsachen gerecht werden kann. Wenn diese Annahme wirklich richtig ist, muß jedoch der Umfang der Verdauung eines Eiweißkörpers in seiner Abhängigkeit von p_H quantitativ mit der ebenso zustande gekommenen Konzentration der Eiweißionen übereinstimmen. In der Gegend zwischen

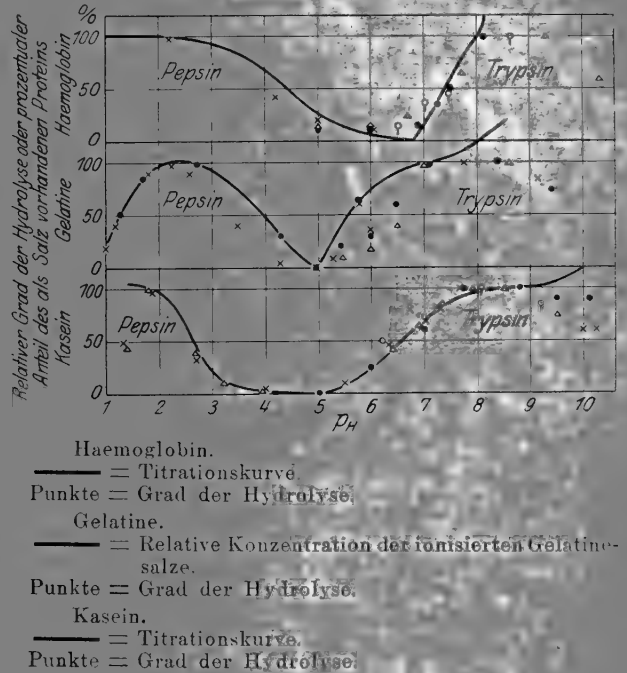


Fig. 6.

dem isoelektrischen Punkt und dem Punkt der größten Bindung zeigt die Titrationskurve direkt die Menge des gebildeten Eiweißsalzes und kann daher dazu verwandt werden, die Menge der Proteinionen zu demonstrieren. Fig. 6 (9) gibt einen Vergleich des auf diesem Wege erhaltenen ionisierten Eiweißkörpers mit dem Umfang der Hydrolyse einiger Eiweißkörper durch Pepsin.

Die Fig. 6 zeigt, daß das p_H -Optimum für die verschiedenen Eiweißkörper verschieden ist und ausgezeichnet mit dem Punkt der maximalen Salz- bildung übereinstimmt. Die Figur zeigt auch, daß der Grad der Verdauung ein Minimum beim isoelektrischen Punkt der Eiweißkörper besitzt. Die Übereinstimmung zwischen den Kurven ist beim Casein hervorragend, bei anderen Eiweißkörpern nur annähernd. Methodisch sind jedoch manche Fehlerquellen vorhanden, und es ist

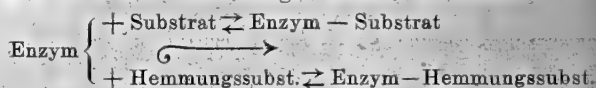
leicht möglich, daß die Unstimmigkeiten nur auf Versuchsfehlern beruhen. Jedenfalls zeigen die Versuche, daß unzweifelhaft eine feste Beziehung zwischen der Konzentration der Eiweißionen und dem Grad der Verdauung der Eiweißkörper besteht. Dieses Resultat ist durchaus zu erwarten, da im allgemeinen der Grad der Reaktion eines Ions von dem Grade der Reaktion eines unionisierten Moleküls verschieden ist. Zu erwähnen ist noch, daß die Hydrolyse der Gelatine durch Säuren und Alkalien erkennen läßt, daß die unionisierten Moleküle leichter durch diese Agentien angegriffen werden als die ionisierten (15).

Einfluß der Änderung der Substratkonzentration.

Es war zu erwarten, daß die Annahme, die Eiweißkörper würden durch Ionisierung angreifbar für die Enzyme, dazu dienen könnte, abnorme Wirkungen der Substratkonzentration zu deuten, und das ist wenigstens zum Teil wahr im Falle des Pepsins und des Eialbumins. Es wurde gefunden, daß die Zunahme im Grade der Verdauung mit zunehmender Eiweißkonzentration annähernd gleich war mit der Zunahme der Proteinionen, wie sie durch Leitfähigkeitsbestimmungen ermittelt wurde, und daß diese Übereinstimmung besser war als diejenige mit der totalen Eiweißkonzentration. Bei Trypsin und Gelatine (14) stimmt das nicht, und die Anomalie ist hier nur teilweise ausgeglichen. Der Grad der Verdauung wächst viel langsamer als die Gelatinekonzentration und ist von 3 % ab fast unabhängig von ihr. Dieses Verhalten wird bei verschiedenen Enzymen gefunden und wird im allgemeinen als „Sättigung“ des Enzyms mit dem Substrat aufgefaßt. *Henri, Michaelis* und *van Slyke* haben, ausgehend vom Massenwirkungsgesetz, Gleichungen abgeleitet, welche mit den Resultaten unter der Annahme einer Verbindung zwischen Enzym und Substrat übereinstimmen. Es scheint jedoch kein direkter Beweis für eine solche Verbindung vorzuliegen, und es gibt, so weit ich sehe, bei der homogenen Katalyse keinen Beweis für das Vorhandensein einer nachweisbaren Menge einer solchen intermediären Verbindung. In manchen Fällen von Wasserstoffionenkatalyse ist es jedenfalls bekannt, daß keine meßbaren Quantitäten von Wasserstoffionen irgendwann gebunden werden, obgleich der Einfluß der Zunahme der Substratkonzentration abnorme Resultate tatsächlich bei allen katalytischen Reaktionen verursacht. Es ist äußerst wahrscheinlich, daß einige Typen intermediärer Verbindungen bei allen katalytischen Reaktionen existieren, wie *Falk* (13) behauptet hat. In diesem Falle ist nicht die Frage, ob eine solche Verbindung existiert oder nicht, sondern ob sie in genügender Menge existiert, um für die Kinetik der Reaktion als entscheidender Faktor in Frage zu kommen. Es ist häufig festgestellt worden, daß das Substrat das Enzym vor Zersetzung schützt und sich dann mit ihm verbindet.

Sobald man jedoch das Enzym zum Substrat zuffügt, wird das Substrat unter Bildung von Substanzen gespalten, welche unzweifelhaft das Enzym schützen, und der beobachtete Einfluß beruht nach meiner Ansicht auf diesen Produkten und nicht auf dem Substrat. Das wird aus der Tatsache entnommen, daß Gelatine praktisch in den ersten zwei oder drei Minuten keine Schutzwirkung auf Trypsin ausübt (8). Die Schutzwirkung nimmt dann schnell zu. Das ist zu erwarten, wenn die Wirkung auf den Reaktionsprodukten beruht, während die Wirkung mit der Zeit immer mehr abnehmen müßte, wenn es sich um eine Wirkung des Substrates selbst handeln würde.

Im ersten Teile dieser Arbeit wurde gezeigt, daß die Existenz einer Verbindung zwischen dem Enzym und den Hemmungssubstanzen sehr gut bewiesen ist. Wenn das Enzym sich auch mit dem Substrat verbinden würde, müßte das Gleichgewicht zwischen dem Enzym und der Hemmungssubstanz durch Zunahme der Substratkonzentration beeinflusst werden. Das ist aus der folgenden Gleichung ermittelt, welche annimmt, daß das Enzym sich sowohl mit dem Substrat als auch mit der Hemmungssubstanz verbindet:



Bei Zunahme der Substratkonzentration müßte das Gleichgewicht sich in der Richtung des großen Pfeiles verschieben, d. h. der Einfluß der Hemmungssubstanz müßte geringer werden. Das ist jedoch nicht der Fall (14). Die prozentuale Inaktivierung einer konstanten Menge Trypsin bei einer konstanten Menge Hemmungssubstanz wurde unabhängig von der Substratkonzentration befunden.

Die Annahme einer Enzym-Substrat-Verbindung kann auch auf anderem Wege bewiesen werden. Wenn das Trypsin mit Gelatine in einer größeren Konzentration als 3 % gesättigt ist, kann es nicht zu derselben Zeit ein anderes Protein hydrolysieren. Jedoch wenn Casein zu solch einer Lösung hinzugefügt wird, findet man, daß das Casein im gleichen Grade hydrolysiert wird, als wenn die Gelatine nicht vorhanden wäre. Mit anderen Worten, der Grad der Hydrolyse einer Lösung von Casein und Gelatine schreitet im selben Maße vor, wenn beide Reaktionen getrennt ausgeführt werden oder im gleichen Gefaße. Dieses Resultat wird in Fig. 7 und Tabelle II erläutert (14).

Man muß natürlich die Zeiten vergleichen, welche zur Spaltung einer gegebenen Menge Eiweiß notwendig sind, und nicht die Mengen, welche in einer gegebenen Zeit gespalten werden, da sonst die Menge der gebildeten Hemmungssubstanz in dem einen Falle größer ist als in dem andern und infolgedessen der Einfluß auf das Enzym ein verschiedener ist. Die obige Methode des Beweises einer Katalysatorverbindung wurde

von *Henri* angewandt, welcher jedoch versäumte, zwischen dem Grad und dem Umfang der Hydrolyse zu unterscheiden.

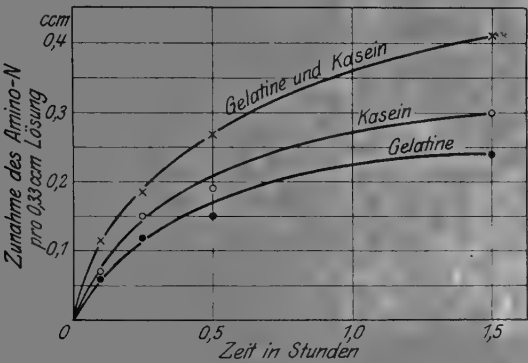


Fig. 7. Verdauungskurven für 4 % Casein, 3 % Gelatine und einer Mischung, welche sowohl 3 % Gelatine wie 4 % Casein bei derselben Trypsinkonzentration enthält.

Tabelle II.

Grad der Hydrolyse von Casein, Gelatine und einer Mischung von Casein und Gelatine.

4 ccm dialysiertes Trypsin werden zu jeder Lösung bei 34° C zugetan. 5 ccm Proben werden nach 0,10, 0,25, 0,50, 1,50 und 3 Stunden herausgenommen und in 25 ccm Wasser, welche 10 ccm 0,20 n HCl enthalten, getan. 2 ccm dieser Lösung (äquivalent zu 0,33 ccm Original-lösung) werden auf Amino-N nach *van Slyke* analysiert.

Zunahme in NH ₂ -N (a) ccm	Zeit, die notwendig ist, um eine Zunahme des Amino-N in der unter a angegebenen Menge zu bewirken		
	Casein- lösung Stunden	Gelatine- lösung Stunden	Casein + Gelatine Stunden
0,1	0,15	0,20	0,09
0,15	0,27	0,40	0,16
0,20	0,48	0,72	0,28

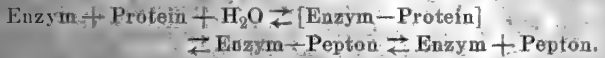
Stufe der vergleichen Reaktion	Grad der Hydrolyse in $\frac{1}{T}$ Stunden in			
	Casein- lösung (b)	Gelatine- lösung (c)	Casein + Gelatine In Mischung	Getrennt (b + c)
0—0,10	6,7	5,0	11,1	11,7
0—0,15	3,7	2,5	6,2	6,2
0—0,20	2,1	1,4	3,6	3,5

Caseinlösung 4 g Casein in 100 ccm Phosphatpuffer, M 10 eingestellt auf pH 7,5. Gelatinelösung 3,5 g Gelatine in 100 ccm Phosphatpuffer. pH 7,5. Gelatine-Casein-Lösung 4 g Casein + 3,5 g Gelatine in 100 ccm Phosphatpuffer wie oben. pH 7,5.

Der eben beschriebene Versuch zeigt schlüssig, daß das Enzym sich nur mit dem Substrat ver-

bindet, wenn man eine zweite Annahme macht, nämlich, daß zwei Enzyme vorhanden sind, je eins für jedes Protein, und daß die durch jedes Enzym gebildeten Produkte beide Enzyme hemmen. Bei einer sorgfältigen Untersuchung, die über diesen Punkt angestellt wurde, konnte nichts gefunden werden, was dafür sprach, daß die Lösung mehr als ein Enzym enthält. Nach meiner Ansicht besteht daher keine Verbindung zwischen Enzym und Substrat, und das abnorme Verhalten bei Zunahme der Substratkonzentration muß auf eine Eigenschaft des Substrates selbst zurückgeführt werden.

Der Mechanismus der Pepsin- und Trypsinhydrolyse, wie er hier entwickelt worden ist, führt zu dem Schluß, daß die Reaktion durchaus nicht im Sinne der klassischen Definition katalytisch ist, da ein Teil des Enzyms nicht wieder frei wird, sondern mit einigen Produkten verbunden bleibt. Die Reaktion kann folgendermaßen beschrieben werden:



Pepton wird einfach angewandt als ein allgemeiner Ausdruck für die Produkte der Hydrolyse des Eiweiß. Wenn die Enzym-Pepton-Verbindung vollständig undissoziiert wäre, würde die Reaktion eine einfache bimolekulare sein, da für jedes Molekül des gespaltenen Substrats ein Enzymmolekül verschwinden würde. Wenn die Verbindung vollständig dissoziiert wäre, würde die Reaktion monomolekular sein, da die Konzentration des Enzyms sich nicht ändern würde. In Wirklichkeit liegt die Reaktion in der Mitte und stimmt daher weder mit der monomolekularen noch mit der bimolekularen Formel überein. Da das Enzym zum mindesten eine Verbindung mit einigen Produkten bildet, so muß der Gleichgewichtspunkt der Reaktion davon beeinflusst werden.

(Übersetzt von Martin Jacoby (Berlin).)

Literatur.

1. Arrhenius, S., Quantitative laws in biological chemistry, London, 1915.
2. Michaelis, L., Die Wasserstoffionenkonzentration, Leipzig, 1914.
3. Euler, H., Ber. Chem. Gesellsch. 1922, 55.
4. Tammann, C., Zs. Physikal. Ch. 1895, XVIII, 426.
5. Hedin, S. G., Z. physiol. Chem. 1906—07, I, 497.
6. Northrop, J. H., J. Gen. Physiol. 1921—22, IV, 245.
7. Northrop, J. H., J. Gen. Physiol. 1919—20, II, 471.
8. Northrop, J. H., J. Gen. Physiol. 1921—22, IV, 261.
9. Northrop, J. H., J. Gen. Physiol. 1922—23, V, 263.
10. Loeb, J., Proteins and the theory of colloidal behavior, New York and London, 1922.
11. Euler, H., Z. physikal. Chem. 1907, 51, 213.
12. Ringer, A. W., Arch. Néerl. Physiol. 1918, II, 571.
13. Falk, K. G., Chemical reactions, New York, 1920.
14. Northrop, J. H., J. Gen. Physiol. 1921—22, IV, 487.
15. Northrop, J. H., J. Gen. Physiol. 1921, III, 715.
16. Bayliss, W. M., Naturwissenschaften 46, 1922, 983.

Über Mutterkorn.

Von A. Stoll, Basel.

(Schluß.)

f*) Die pharmakologische Untersuchung des Ergotamins.

Nachdem das Ergotamin in reiner Form, als wohl definierter kristallisierter Körper vorlag, war natürlich die erste und wichtigste Frage, ob ihm in kleinen Dosen die für Mutterkorn charakteristische kräftige und langanhaltende kontrahierende Wirkung auf den Uterus und die anderen pharmakologischen Merkmale zukommen; des weiteren, ob bei Verabreichung größerer Dosen bei den Versuchstieren die toxischen Erscheinungen auftreten, die bei Mutterkornvergiftungen beobachtet werden. Die pharmakologische Wirkung des Ergotamins wurde zuerst von K. Spiro³⁰⁾, dann hauptsächlich von E. Rothlin³¹⁾ und von H. H. Dale und K. Spiro³²⁾ in gründlichen Arbeiten studiert. Es zeigte sich zunächst bei den Versuchen am isolierten Uterus, daß dem Ergotamin eine außerordentlich starke pharmakodynamische Wirkung zukommt.

Zur Prüfung uteruserregender Mittel, sogenannter Wehenmittel am überlebenden isolierten Organ nach der Methode von Magnus-Kehrer wird bekanntlich ein Uterusstück aus dem narkotisierten Tier, gewöhnlich einem Meerschweinchen, herausgeschnitten und in Ringerscher oder Tyrodescher Nährlösung von 38° zwischen zwei Häkchen derart eingespannt, daß ein Ende des Organs fest bleibt, während das freie Ende durch das zweite Häkchen mit einem Hebelwerk in Verbindung steht, das jede Verkürzung oder Verlängerung des Muskelstreifens auf einer langsam rotierenden beruhten Trommel aufzeichnet. Die zu untersuchende Substanz setzt man der Nährlösung, in der das Organ bei Sauerstoffzufuhr stundenlang weiterlebt, zu. Da das Volumen des Bades bekannt ist, so kann man leicht die Verdünnung feststellen, in der der zugesetzte Stoff gerade noch wirkt. Diese maximale noch eben wirksame Verdünnung beträgt für weinsaures Ergotamin bei Verwendung eines empfindlichen Meerschweinchenuterus, wie H. H. Dale und K. Spiro und auch E. Rothlin kürzlich gefunden haben, bis 1:125 Millionen. Die physiologische Reaktion ist viel empfindlicher als irgendeine chemische Reaktion des Ergotamins.

Das Alkaloid zeigt auch die für Mutterkorn charakteristische lange Dauer der Wirkung. Die

Zahl der auf den isolierten Uterus kontrahierend wirkenden Stoffe ist bekanntlich sehr groß. Das, wie erwähnt, in Mutterkornextrakten nachgewiesene Histamin wirkt ebenfalls in sehr großer Verdünnung, und doch hat K. Spiro gezeigt, daß gerade dieser Stoff mit der eigentlichen Mutterkornwirkung nichts zu tun hat. Histamin wirkt rascher, aber viel kürzer als Ergotamin und erzeugt auch in klinischen Dosen Krampf der glatten Muskulatur, d. h. es hebt die normale Wehentätigkeit, die in abwechselnder Spannung und Erschlaffung des Uterusmuskels besteht, auf. Ergotamin wirkt langsamer, in kleinen Dosen manchmal erst nach einigen Minuten, hat aber die Wirkung einmal eingesetzt, so hält sie auch nach dem Entfernen des Alkaloides durch wiederholtes Wechseln der Nährlösung oft stundenlang an, die rhythmischen Kontraktionen kehren immer wieder. Erst stärkere Dosen erzeugen sogenannte Dauerkontraktionen (Tetanus uteri).

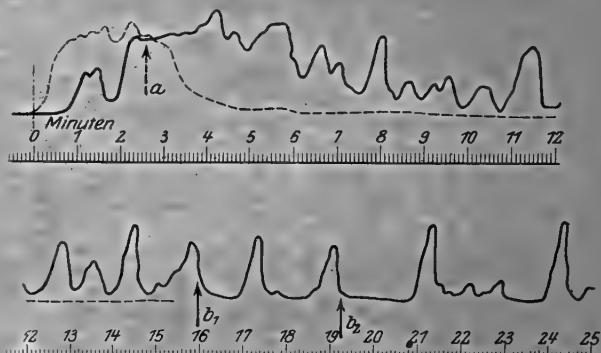


Fig. 2. Zum Vergleich der Wirkung von Histamin (---) und von Ergotamin (—) auf den isolierten Meerschweinchenuterus.

In der Fig. 2 sind zwei Kurven, wie sie ein überlebender isolierter Meerschweinchenuterus geschrieben hat, so aufeinander gelegt, daß die Zeitpunkte des Zusatzes von Histamin bzw. Ergotamin zusammentreffen. In Wirklichkeit wurde erst die Histaminkurve und in einem späteren Zeitintervall die Ergotaminkurve aufgenommen. Die steile punktierte Kurve stellt die Wirkung von Histamin dar. Auf Zusatz des Histamins bei o erfolgte augenblickliche Kontraktion, bei a wurde die Nährlösung gewechselt, was sofortiges Abfallen des Muskeltonus auf die frühere Spannung zur Folge hatte. Die ausgezogene Kurve stellt eine typische Uteruskurve nach Ergotaminzusatz dar. Bei o setzte man Ergotamin zu. Nach einiger Zeit (die Striche der Zeitskala bedeuten je fünf Sekunden) beginnt eine allmählich kräftiger werdende Tonussteigerung, die bald in rhythmisch sich wiederholende Kontraktionen übergeht, bei b₁ und b₂ wurde wiederholt ausgewaschen; die Wirkung auf den Uterus hielt in diesem Versuch (in der Figur nicht mehr dargestellt) trotzdem stundenlang an; erst ein Zu-

1) Die wirksamen Bestandteile des Mutterkorns. a) Ältere Arbeiten. b) Die neueren Arbeiten (Ergotin, Ergotoxin, Tyramin, Histamin). c) Die Isolierung des Ergotamins. d) Die Eigenschaften des Ergotamins. e) Vorkommen der Mutterkornalkaloide.

³⁰⁾ K. Spiro, Schweiz. Med. Wochenschr. 1921, Nr. 32, S. 737, s. auch ebenda 1921, Nr. 23, S. 525.

³¹⁾ E. Rothlin, Schweiz. Med. Wochenschr. 1922, Nr. 40, S. 978—981, ferner Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 46 u. 47, S. 2294; Arch. internat. de Pharmacodynamie et de Thérapie 27, 459, 1923.

³²⁾ H. H. Dale u. K. Spiro, Arch. f. exp. Path. u. Pharmacol. 95, 337, 1922.

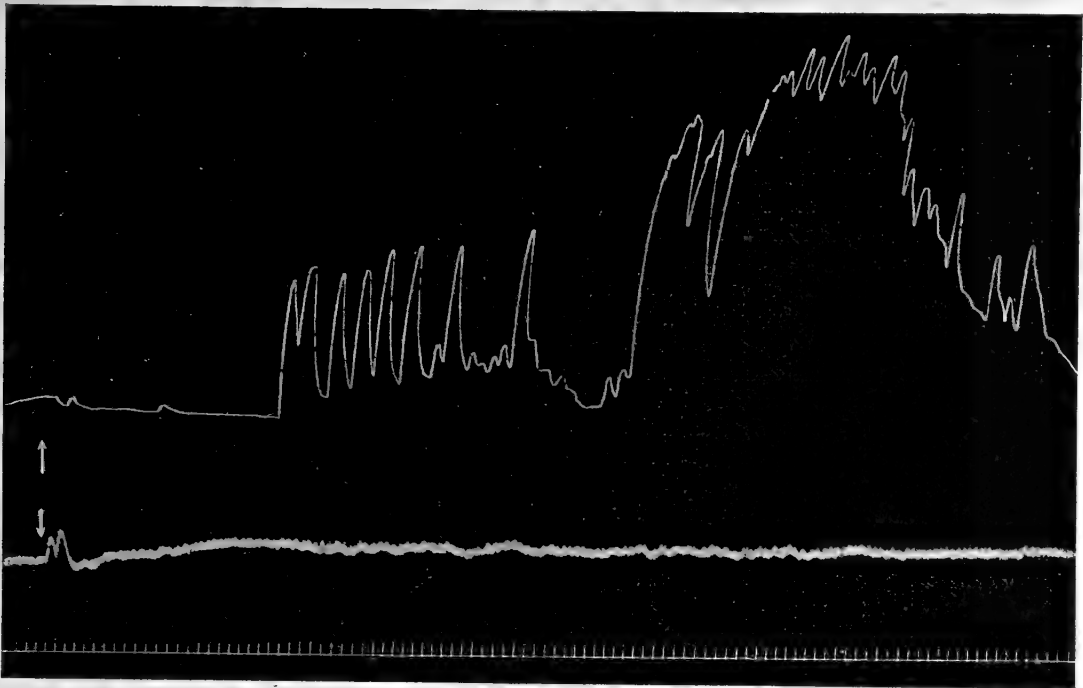


Fig. 3. Wirkung von Ergotamin auf den graviden Uterus in situ (obere Kurve) und den Karotis-Blutdruck (untere Kurve) beim Kaninchen.

satz von Papaverin vermochte die Kontraktion aufzuheben.

Ähnliche Uteruskontraktionen bewirkt das Ergotamin in Form seines wasserlöslichen, wein-

Nach einer Latenzzeit von 16 Sekunden nach der bei ↑ erfolgten Injektion beginnt der Uterus eine kräftige und anhaltende Wehentätigkeit. Die darunter liegende Kurve zeigt den Karotisblutdruck, der sofort nach der Injektion schwach ansteigt und auf dem erreichten Niveau längere Zeit verharret.

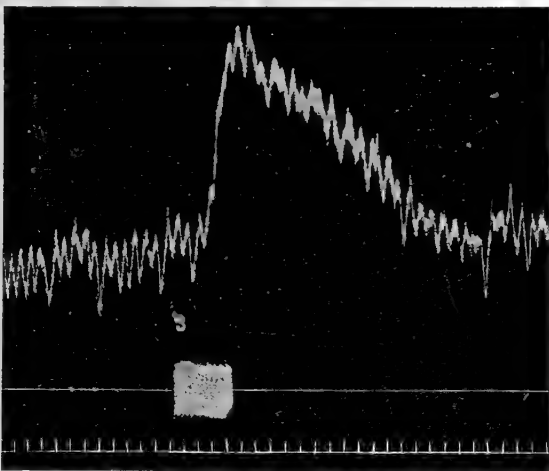


Fig. 4a. Steigerung des Karotis-Blutdruckes beim Hund mit Adrenalin vor der Injektion von Ergotamin.

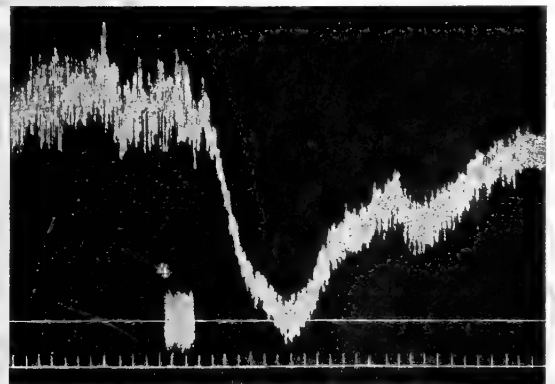


Fig. 4b. Senkung des Karotis-Blutdruckes beim Hund mit Adrenalin nach der Injektion von Ergotamin.

sauren Salzes, des *Gynergens*, bei der Anwendung am ganzen Tier. Fig. 3 stellt ein Kurven-diagramm dar, das einer Arbeit von *E. Rothlin*³³⁾ entnommen ist. Einem graviden mittelgroßen Kaninchen in Urethannarkose wurden 0,5 mg Ergotamin tartrat intravenös injiziert. Die Teilstriche der unten angebrachten Zeitskala bedeuten Sekunden. In der oberen Kurve sind die Bewegungen des graviden Uterus in situ registriert:

Nachdem diese wichtigste physiologische Reaktion des Ergotamins, die kräftige Wirkung kleinster Dosen auf den tierischen Uterus festgestellt war, hat *E. Rothlin*³⁴⁾ untersucht, inwieweit dem Ergotamin auch die anderen dem Mutterkorn gelegentlich zugeschriebenen pharmakologischen und toxiologischen Eigenschaften innewohnen. Die Anwendung sogenannter *physiologischer Dosen*, d. h. kleiner Mengen von Ergotamin,

³³⁾ Loc. cit.

³⁴⁾ Loc. cit.

ergab auch bei anderen narkotisierten Tieren wie Hund und Katze in Dosen von 0,1 bis 0,5 mg pro Kilogramm regelmäßig eine erhebliche Blutdrucksteigerung. Pulsverlangsamung tritt bei Kaninchen, Hund und Katze bei größeren Dosen ein, doch bleibt der Puls auch nach 1,0 bis 1,5 mg pro Kilogramm Tier regelmäßig der Blutdruck auf seiner anfänglichen Höhe. Die Atmung wird durch kleine Mengen Ergotamin kaum beeinflusst. Dagegen zeigt Ergotamin die von H. H. Dale beim Ergotoxin entdeckte Sympathicuslähmung mit nachfolgender sog. Adrenalinumkehr. Die Fig. 4a zeigt die Steigerung des Karotisblutdrucks beim Hund nach der Injektion von 0,05 mg Adrenalin vor der Injektion von Ergotamin, die Fig. 4b zeigt die Blutdrucksenkung durch dieselbe Adrenalinmenge nach erfolgter Ergotamininjektion.

Auch die bei Mutterkornvergiftungen, z. B. bei Mutterkornepidemien, am Menschen beobachteten toxischen Erscheinungen, wie Krämpfe

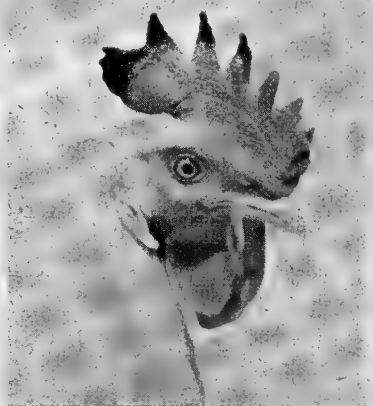


Fig. 5. Gangrän des Hahnenkamms nach Verabreichung von Ergotamin (nach Dale und Spiro).

und Gangrän, konnte E. Rothlin wenigstens an gewissen Tieren beobachten, wenn große Dosen, z. B. das 360fache der für eine physiologische Wirkung erforderlichen Menge angewandt wurden. Toxische Ergotamindosen bewirken sowohl bei der weißen Ratte wie beim Kaninchen, der Katze und dem Meerschweinchen Kontraktionen der Extremitäten, die namentlich bei letzterem leicht in allgemeine Krämpfe übergehen. Beim Hahn bewirken schon einige mg Ergotamin pro kg, parenteral verabreicht, neben anderen toxischen Erscheinungen Cyanose des Kamms und der Bartlappen mit nachfolgender Gangrän der Kammzacken. Die Figur 5 zeigt eine von H. H. Dale aufgenommene Photographie³⁵⁾, auf der die Gangrän der Kammzacken durch dunklere Färbung deutlich in Erscheinung tritt. Bei der Ratte kann durch Ergotamin Gangrän und Ablösung des Schwanzendes bewirkt werden.

Entgegen der bis in die neueste Zeit hinein verbreiteten Ansicht, daß die verschiedenen Wirkungen des Mutterkorns, wie Uteruskontraktion, Blutdrucksteigerung, gangränöser und konvulsiver Ergotismus, verschiedenen in der Droge enthaltenen Substanzen zuzuschreiben seien, konnte also tierexperimentell mit Ergotamin gezeigt werden, daß eine einzige schön kristallisierende Substanz alle diese Symptome hervorzubringen vermag.

Den Toxikologen dürfte noch interessieren, daß die verschiedenen Tierarten gegenüber Ergotamin sehr verschieden resistent sind. Während nach Versuchen von E. Rothlin³⁶⁾ beim Frosch 0,033 mg pro g subcutan, beim Kaninchen 7 mg pro kg intravenös und beim Hahn 4 mg pro kg intramuskulär letal wirken, bleiben Ratten nach 100 mg Ergotamin pro kg, subcutan verabreicht, Meerschweinchen nach 36 mg pro kg intravenös am Leben.

Manche Beobachtung, die K. Spiro und später E. Rothlin bei der pharmakologischen Untersuchung des Ergotamins machten, hatte H. H. Dale³⁷⁾, wenn auch — der abweichenden älteren Versuchsanordnung entsprechend — in etwas anderer Form bereits bei der Untersuchung des Ergotoxins gemacht. In neuester Zeit haben nun H. H. Dale und K. Spiro³⁸⁾ Ergotoxin und Ergotamin direkt miteinander verglichen und bei der Wirkung am Tier so weitgehende Übereinstimmung gefunden, daß die beiden Autoren Ergotoxin und Ergotamin in ihrer Wirkung qualitativ und quantitativ für identisch halten, obschon die beiden Alkaloide chemisch und physikalisch zweifellos verschieden sind. Wenn nun auch der pharmakologische und toxikologische Vergleich zwischen Ergotoxin und Ergotamin nicht erschöpfend durchgeführt ist, so dürfte doch die weitgehende Übereinstimmung in der Wirkung der beiden Mutterkornbasen am Tier, die von E. Rothlin in einer noch unveröffentlichten Untersuchung bestätigt wurde, es wahrscheinlich machen, daß Ergotoxin und Ergotamin auch im klinischen Versuch am Menschen ähnlich wirken würden. Praktisch ist dieser klinische Vergleich bis heute noch nicht durchgeführt.

Während Kraft, wie oben erwähnt, vor der Verwendung von Alkaloiden wie Ergotoxin und Ergotamin dringend warnte, so schrieben G. Barger und H. H. Dale dem Ergotoxin in ihren früheren Arbeiten eine gewisse Bedeutung bei der Mutterkornwirkung zu, ohne jedoch die Frage zu stellen, ob dem Ergotoxin die Eigenschaften innewohnen, die es als Reinsubstanz befähigen, alle die therapeutischen Wirkungen hervorzubringen, die der Arzt klinisch von guter Mutterkornwirkung zu sehen gewohnt ist. Es fehlt beim Ergotoxin auch der quantitative Vergleich zwischen

³⁶⁾ E. Rothlin, Schweiz. Med. Wochenschr. 1922, Nr. 40, S. 978 u. ff.

³⁷⁾ Loc. cit.

³⁸⁾ H. H. Dale u. K. Spiro, Arch. f. exp. Path. u. Pharmakol. 95, 337, 1923.

³⁵⁾ H. H. Dale u. K. Spiro, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 95, 348, 1923.

Ausbeute und Wirkung des reinen Alkaloides einerseits und der Wirkung der Volldroge andererseits. Die Forschungsergebnisse der englischen Autoren wurden im Gegenteil praktisch dahin ausgewertet, daß man, wie bereits oben erwähnt, zunächst mit dem Ergotoxin kombiniert, die proteinogenen Amine Tyramin und Histamin zur klinischen Anwendung brachte und dann bald das spezifische Mutterkornalkaloid in seiner Bedeutung so zurückdrängte, daß man es — freilich auch aus Materialmangel — überhaupt bei der Bereitung sogenannter Mutterkornersatzpräparate wegließ. Die Mutterkornwirkung in ihren verschiedenen Äußerungen wurde übrigens bis in die neueste Zeit immer mehr einem Zusammenwirken verschiedener z. T. noch unbekannter Komponenten zugeschrieben³⁹⁾.

g) Die klinische Prüfung des Ergotamins.

Als 1918 das Ergotamin aufgefunden und in kristallisierter Form relativ leicht zugänglich geworden war, stand die Frage noch offen, ob ein hochmolekulares Alkaloid vom Ergotoxin-Ergotamin-Typus die erwartete klinische Mutterkornwirkung besitze und ob überhaupt ein einziger reiner Körper in wasserklarer geschmackloser Lösung imstande sei, dieselbe Wirkung hervorzubringen wie z. B. der officinelle, kompliziert zusammengesetzte, braune und übel-schmeckende Mutterkornextrakt, dessen Injektion nicht selten Schmerzhaftigkeit und Entzündung hervorruft. Der Versuch, die inkonstante und zersetzliche Droge oder ihre in den Wirkungen ebenso schwankenden galenischen Zubereitungen durch einen einheitlichen Mutterkorninhaltsstoff zu ersetzen, um dadurch das Mutterkornproblem einer für den Arzt befriedigenden praktischen Lösung zuzuführen, wurde erst mit dem Ergotamin unternommen. Es mußte an den Kliniker die Frage gerichtet werden: „Tritt bei der Anwendung von reinem Ergotamin die Wirkung ein, die man bei Gebrauch eines nachweislich guten Mutterkornpräparates erwartet?“ oder etwas genauer: „Zeigt das aus einer bestimmten Menge Mutterkorn gewonnene Reinalkaloid in qualitativer und quantitativer Hinsicht dieselbe Wirkung, wie wenn die gleiche Menge Ausgangsdroge nach einem gebräuchlichen Verfahren verarbeitet und zur Anwendung gebracht würde?“

In qualitativer Hinsicht haben bisher Tausende von klinischen Versuchen⁴⁰⁾ bei der An-

wendung von Ergotamin in Form des Gynergens die für Mutterkorn charakteristische Wirkung auf den Uterus ergeben. Kleine Unterschiede, wie das beim Gynergen raschere Einsetzen bei ebenso langer Dauer der Wirkung, die Schmerzlosigkeit der subkutanen Injektion, sind unmittelbare Folgen der Anwendung der Reinsubstanz. Auch die unerwünschten Nebenerscheinungen, wie sie bei zu heftiger Secalewirkung gelegentlich auftreten, wie Erbrechen, Pulsverlangsamung, Gebärmutterkrampf usw., sind bei zu hohen Gynergendosen beobachtet worden. Die Dosierung war nämlich anfangs zu hoch gewählt; man hatte sich an die üblichen Vorschriften der Arzneibücher angelehnt, bei denen die einfache Dosis zu 1 bis 4 g Mutterkorn angegeben wird, hatte aber in der Wahl der Einzeldosis die Ergotaminmenge, die aus $\frac{1}{2}$ g bestem Mutterkorn gewonnen werden kann, nämlich 1 mg, nie überschritten und hatte trotzdem etwas zu hoch gegriffen. Mit anderen Worten: *das in reinem Zustande angewandte Ergotamin besitzt eine viel stärkere Wirkung als die aus der gleichen Ausgangsdroge bereiteten gebräuchlichen Mutterkornextrakte*. Wir begegnen hier einem seltenen Beispiel, daß durch die Reindarstellung des wirksamen Prinzips der Wirkungswert der Volldroge nicht nur erreicht, sondern sogar übertroffen wird. Nachdem wir die Empfindlichkeit des wirksamen Mutterkornprinzips am reinen Stoff kennengelernt haben, so liegt es auf der Hand, daß bei manchen anderen Verfahren, die weniger schonend arbeiten, der größte Teil der Wirksamkeit verloren gehen muß.

Versuche von A. Stoll und W. Kreis haben denn auch ergeben, daß ein aus ergotaminreichem Mutterkorn bereitetes Extractum Secalis cornuti, Pharm. Helv. IV, nur noch Zersetzungsprodukte des Ergotamins enthielt, obschon das Alkaloid bei der Extraktion der Droge nachweislich in das Lösungsmittel übergegangen war. Die zu wenig schonende Aufarbeitung des Anfangsextraktes zu dem gebrauchsfertigen Präparat hat die Zerstörung des empfindlichen Stoffes zur Folge. Der kleine Rest von verbliebener Wirksamkeit eines solchen Präparates erfordert dann die Anwendung relativ großer Mengen, ohne aber überhaupt eine sichere Wirkung zu gewährleisten.

Die therapeutisch noch wirksamen Minimaldosen von Ergotamin sind in Anbetracht seines hohen Molekulargewichtes sehr klein. Selbst bei interner Verabreichung, wo die Resorption langsamer, unvollständiger und unter teilweiser Zerstörung des Stoffes erfolgt, haben Dosen von Bruchteilen eines Milligramms bei täglich mehrmaliger Verabreichung genügt, um eine kräftige und anhaltende Wirkung auf den Uterus zu erzielen. Bei parenteraler Verabreichung genügte in zahlreichen Fällen die Injektion von 0,1 mg (0,2 cem Gynergen), um den während und unmittelbar nach der Geburt freilich besonders empfindlichen Uterus zu stundenlang sich wiederholenden Kontraktionen anzuregen. Bezogen auf

³⁹⁾ Vgl. z. B. H. Halphen, Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 23, S. 1149.

⁴⁰⁾ Siehe z. B. die Arbeiten von K. Spiro, „Über Ergotamin. Gynergen Sandoz“, Schweiz. Med. Wochenschrift 1921, Nr. 32; Guggisberg, Schweiz. Med. Wochenschrift 1921, Nr. 32, S. 750; P. Hüsy, „Therapeutische Neuigkeiten aus dem Gebiete der Geburtshilfe und Gynäkologie“, Schweiz. Rundschau f. Med. 1921, Nr. 36; E. Gyr, „Klinische Erfahrungen mit dem Gynergen-Sandoz“, Schweiz. Med. Wochenschr. 1921, Nr. 39; Th. Frey, „Zur Wirkung des Gynergens“, Schweiz. Med. Wochenschr. 1922, Nr. 1; K. Böwing, „Gynergen, ein neues Mittel zur Bekämpfung der Atonia uteri“, Münch. Med. Wochenschr. 69, 266, 1922, u. a.

ein Körpergewicht von 60 kg wirkt Ergotamin-tartrat in diesen Fällen noch in einem Verhältnis von 1 : 600 000 000.

In den Einzelheiten unterliegen die Angaben der Kliniker über die beste Dosierung des Ergotamins von Fall zu Fall heute noch kleinen Schwankungen. Es ist auch keine leichte Aufgabe, bei dem starken Wechsel der Empfindlichkeit von Individuum zu Individuum und bei ein und demselben Menschen zu verschiedenen Zeiten die zweckmäßige Dosierung einer hochaktiven Substanz festzustellen, aber eine noch größere Erfahrung wird schließlich Normen ergeben, um so eher, als dank der exakten Dosierbarkeit des Ergotamins mit der Wage die Gleichmäßigkeit der Gynergenpräparate gewährleistet ist. Die Dosierung der Reinsubstanz ist übrigens gerade für die Mutterkornmedikation um so bedeutungsvoller, als physiologische Wertbestimmungen, die z. B. bei der Digitalis so brauchbar geworden sind, beim Mutterkorn versagen, und da auch die chemischen Bestimmungsmethoden infolge der Leichtzersetzlichkeit der Mutterkornalkaloide keine zuverlässigen Werte über den Gehalt der Mutterkornpräparate an wirksamen Stoffen ergeben.

Die zuverlässige Dosierung des Ergotamins im Gynergen ließ es reizvoll erscheinen, das Präparat auf einem vom Geburtshelfer längst aufgegebenen Indikationsgebiet des Mutterkorns, nämlich zur Erzeugung von Wehen während der Geburt zu versuchen. Wenn es nun bei der Verwendung kleiner Dosen von Gynergen in manchen Fällen gelang, den wehenschwachen Uterus zu kräftigen Kontraktionen und normaler Austoßung der Frucht anzuregen, so bleibt doch auch beim Gynergen die Gefahr bestehen, daß bei der schwankenden individuellen Empfindlichkeit der Uterus einmal zu einer Dauerkontraktion angeregt wird und daß dann das Kind infolge mangelhafter Zirkulation der pressenden Gebärmutter an Sauerstoffmangel zugrunde geht, wenn nicht rechtzeitig ein operativer Eingriff erfolgt. Von der Verwendung des Gynergens als Wehenmittel ist daher, wie bei allen Secalepräparaten, abzuraten.

Kräftige und anhaltende Kontraktionen des Uterus sind dagegen erwünscht, in gewissen Fällen lebensrettend bei allen Nachgeburtsblutungen, die auf Atonie der Uterusmuskulatur zurückzuführen sind. Guggisberg⁴¹⁾ schreibt darüber auf Grund von reichen Erfahrungen an der Berner Universitätsfrauenklinik: „Besonders empfehlenswert ist die Anwendung unmittelbar post partum. Die intramuskuläre Anwendung ergibt eine noch raschere und promptere Wirkung. Der Uterus kann außerordentlich hart werden, wie ich es bei anderen Präparaten nie gesehen habe.“ Dem fügt Hüssy⁴²⁾ bei: „Seine Anwendung ist

schmerzlos, seine Wirkung fast stets eine überraschend rasche und intensive, darin pflichte ich Guggisberg bei.“ Wichtig erschienen auch die Versuche von Jung⁴³⁾ aus der Hebammenschule St. Gallen, „die es gestatten, biotisch, also gewissermaßen mit dem Werte eines Experimentes die Verwendung zu studieren. Ich meine die Anwendung bei Kaiserschnitt. Da konnten wir nun folgendes beobachten. Nach Injektion in die Wand des eröffneten schlaffen Uterus entstand einige Sekunden später eine äußerst kräftige, tetanische Kontraktion, welche 1—1½—2 Stunden anhielt. Diese Wirkung konnten wir regelmäßig konstatieren.“ „Gynergen, ein neues Mittel zur Bekämpfung der Atonia uteri“ wurde auch von Böwing⁴⁴⁾ an der von Hofmeier geleiteten Universitätsfrauenklinik in Würzburg untersucht, als ihn ein Todesfall bei einer Frau, die an einer schweren atonischen Nachblutung zugrunde ging, veranlaßte, nach neuen Hilfsmitteln zu suchen. Er berichtet: „Hypophysenpräparate wirken auf einen erschöpften Uterus gering oder gar nicht und die jetzigen Secalepräparate sind bislang nicht absolut zuverlässig, auch setzt ihre Wirkung erst ziemlich spät ein. Als sofort stark wirksames und doch unschädliches Mittel hat sich Gynergen „Sandoz“ erwiesen.“ Interessant ist seine Nebenbeobachtung, daß bei Sectio caesarea sich ihm nach Applikation des Gynergens durch die Kontraktion des Uterus die ganze Operation wenig blutreich und die Naht des Uterus einfach erwies.

Nachdem das reine Ergotamin, wie es im Gynergen vorliegt, die Prüfung selbst in schwierigen Fällen gut bestanden, hatte man Grund zu der Annahme, daß es auch sonst an Stelle der Secalepräparate nützliche Dienste leisten würde, und es hat sich denn auch bei Blutungen im Wochenbette und bei ungenügender Rückbildung der Gebärmutter nach der Geburt als zuverlässiges Mittel erwiesen. Auch nach künstlichem Abort, bei inkompletten oder infizierten Aborten, wobei hohe Anforderungen an ein Blutstillungsmittel gestellt werden, versagte es nicht. In der gynäkologischen Praxis wird es ferner nach Ausschabungen, bei profusen Menstruationen, bei endometritischen, bei klimakterischen und bei Myomblutungen mit Erfolg angewendet, sehr oft, wenn andere Secalepräparate nutzlos waren. Das Ergotamin wird dabei, wenn nicht rasche, kräftige Wirkung durch Einspritzung erforderlich ist, in Dosen von 0,001 g, mit Vorliebe in Form von Gynergentabletten oder -tropflösung gegeben, die angenehm zu nehmen sind. Zufolge der Reinheit und der minimalen Mengen des im Gynergen dosierten Ergotamins sind die Präparate nicht nur bei der Injektion reizlos, sondern auch per os geruch- und geschmacklos.

⁴¹⁾ H. Guggisberg, Schweiz. Med. Wochenschr. 1921, Nr. 32, S. 750.

⁴²⁾ P. Hüssy, Schweiz. Rundschau für Medizin 1921, S. 422.

⁴³⁾ P. Jung, Schweiz. Med. Wochenschr. 1921, Nr. 32, S. 750.

⁴⁴⁾ K. Böwing, Münch. Med. Wochenschr. 1922, Nr. 8, S. 266.

Aus diesen klinischen Ergebnissen darf man wohl den Schluß ziehen, daß die Isolierung des Ergotamins nicht nur chemisch, sondern vor allem auch therapeutisch weitergeführt hat. *Tschirch*⁴⁵⁾ faßte kürzlich seinen Eindruck über die Bedeutung des Ergotamins zusammen mit den Worten: „Aus allem geht hervor, daß das Ergotamin die wertvollste aller bisher isolierten Mutterkornsubstanzen und bestimmt im *Secale cornutum* vorgebildet ist. Es darf in erster Linie als der Träger der Hauptwirkung betrachtet werden. Es ist als konstant wirkendes, reines Präparat allen Extraktpräparaten vorzuziehen.“

Jedenfalls ist durch die Auffindung, Isolierung

⁴⁵⁾ *A. Tschirch*, Handbuch der Pharmakognosie Bd. 3 (1921), S. 152.

und technische Herstellung des Ergotamins die große Unsicherheit in der Mutterkorntherapie, soweit sie auf den Schwankungen der inkonstant zusammengesetzten unreinen Präparate beruhte, beseitigt und dadurch das Mutterkornproblem, soweit es den Therapeuten interessierte, einer Lösung zugeführt. *Das reine, genau dosierbare Ergotamin bewirkt in kleinster Menge und ohne den Zusatz anderer aktiver Substanzen zuverlässig den therapeutischen Effekt, den der Arzt von bester Mutterkornwirkung erwartet.* Die in der Mutterkorntherapie noch verbleibende Variable, die wechselnde Empfindlichkeit der Kranken, wird auch in Zukunft an das Feingefühl und die Kunst des Arztes noch Anforderungen genug stellen.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Ein Vorschlag zur Raumfrage.

Man kann sich wohl dem Eindruck nicht verschließen, als ob auch bei der neueren Auffassung vom Raum und den damit zusammenhängenden Begriffen Inkonssequenzen und logische Widersprüche, zum mindesten aber Schwierigkeiten auftreten. Es sei nur darauf hingewiesen, daß der beseitigte absolute „leere Raum“ teilweise seine Existenz behalten hat, nämlich als Zwischenraum. Gewiß, er existiert nur in Verbindung mit Körpern, immerhin existiert er, denn „was man messen kann, das existiert auch“ — aber als was denn? (Das Einsetzen des Wortes „Entfernung“ führt nicht weiter.)

Der — den Raum erfüllende — „Äther“ hat einen teilweisen Ersatz im „Kraftfeld“ gefunden, über welches man sich keine anschaulichen Vorstellungen zu machen versucht; dieser Umstand ist gerade sein Hauptvorzug, denn ein solcher Versuch würde es evtl. in eine peinlich nahe Beziehung zum Äther bringen. — Das ist aber ein Mangel beim Kraftfeld: es ist trotz seiner Meßbarkeit nichts physikalisch Wirkliches, sondern nur ein mathematischer Ausdruck.

Ihrem Wesen nach innig verbunden mit diesen Dingen ist die Frage: Nah- oder Fernwirkung? Es bestehen da logische Schwierigkeiten, nämlich: die Leugnung des den Raum erfüllenden Äthers und zugleich der der Fernwirkung — bei Annahme einer Entfernung —, und andererseits: die Annahme einer Nahwirkung ohne physikalisches Zwischenmedium.

Ich glaube nun, daß solche Schwierigkeiten sich verringern, die Widersprüche sich mildern lassen, wenn man energischer, als es bisher geschehen, mit den alten Begriffen und Vorstellungen aufräumt; denn gerade dadurch, daß sie — versteckt — ihr Dasein weiter fristen, ergeben sich die Widersprüche. — *Man muß andere, neue Begriffe bilden!* — Als „wirklich“ sollen die Körper (resp. die Energiearten) gelten und die von ihnen erzeugten Kraftfelder; der Begriff des Körperlichen wird also mit auf das dem Körper zugehörige, von ihm erzeugte Kraftfeld ausgedehnt. Der Raum ist weiter nichts als ein Attribut des Körpers; er ist der Begriff des Ausgedehntseins, des Raumeinnehmens eines Körpers, welcher einer der physikalischen Grundbegriffe ist, der zum Begriff des Körpers gehört¹⁾. Man kann diese Eigenschaft des

Körpers messen (wie auch andere Eigenschaften); man mißt also damit, d. h. mit der Raummessung, den Körper selbst. — Masse = Energie; der Körper reicht soweit, wie seine Energie wirksam ist, d. h. so weit, wie sein Kraftfeld resp. seine (evtl. verschieden weiten) Kraftfelder reichen. — Ein Körper hat also keine scharfe Grenze, ja sogar auch keine einheitliche Grenze (da seine verschiedenen Kräfte verschieden weit wirksam sind). Anders ausgedrückt: Elementarbestandteile, der Körper sind die Atome mit ihren Kraftfeldern (resp. die Elektronen mit ihren Kraftfeldern, usw.). Raum also existiert nur da, soweit ein solcher Körper — d. h. ein Körper alter Art mit seinem Wirkungsbereich — sich erstreckt; darüber hinaus verliert der Begriff des Raumes jeden physikalischen Sinn.

Ein Körper ist also nicht „undurchdringlich“; im im Gegenteil: die einzelnen Körper durchdringen sich gegenseitig, soweit ihre Kraftfelder sich durchdringen. — Ich glaube, der Begriff der „geraden Linie“ nach *Einstein* läßt sich zwanglos in diese Raumauffassung einfügen.

Mein Vorschlag, den Begriff des „Körpers“ auf das ganze von ihm herrührende Kraftfeld auszudehnen und den Begriff des „Raumes“ auf diesen so gedachten Körper zu beschränken, gewährt also — wenn man vom Raum und vom Kraftfeld spricht, diesen meßbaren Größen — die logische Berechtigung, hiermit — als wie vom Körper und der Energie — von etwas physikalisch Wirklichem zu sprechen, welches zwischen physikalischer Ursache und Wirkung liegt und die Verbindung herstellt.

Hagen (Westf.), den 7. Juli 1923.

Rudolf Seeliger.

Das Versagen der Mechanik in der Quantentheorie.

In dem kürzlich erschienenen *Bohr*-Heft der Naturwissenschaften haben verschiedene Verfasser im An-

die ausdrücklich davon absehen wollen, doch im Unterbewußtsein liegen bleibt und — mehr oder weniger — auch wirksam bleibt bei der Theorienbildung, und ob man wohl die räumliche Entfernung als weiter nichts auffassen kann als einen in verschiedener Größe auftretenden, objektiv gegebenen Faktor, von dem der Wirkungsgrad einer Kraft eine Funktion darstellt, — auf diese Frage will ich nicht eingehen. Sie steht jedenfalls in Beziehung zum Standpunkt streng idealistischer Philosophie.

¹⁾ Ob und wie weit man den Begriff des physikalischen Raumes befreien kann von der speziellen Eigenart des anschaulichen „Sehraumes“, die auch bei denen,

schluß an Bohrs Gedankengänge auf die Unzulänglichkeit der klassischen Mechanik, selbst in dem beschränkten Anwendungsgebiet der Quantentheorie, hingewiesen. Es zeigte sich nämlich, daß bei Systemen aus mehreren Elektronen nicht einmal die quantentheoretisch stationären Zustände und ihre adiabatischen Änderungen mechanisch berechenbar sind. Besonders wurde dabei das Versagen der klassischen Mechanik hervorgehoben bei dem einfachsten Modell eines Elektronenwechselspiels, dem Heliumatom im Normal- wie in seinen angeregten Zuständen, ferner bei den Erscheinungen des anomalen Zeemaneffekts. In Fortführung der Rechnungen von Kemble und v. Vleck fand Kramers, daß das Helium im Normalzustand (Parhelium, gekreuzte 1_1 -Bahnen, resultierender Impuls 1) eine falsche Ionisierungsenergie gibt, wenn beide Elektronen auf mechanisch vollkommen gleichberechtigten Bahnen umlaufen, ein Modell für dessen Richtigkeit nach Kramers starke Gründe allgemeiner Art sprechen. Ferner sind die vorläufigen Rechnungen des Verf., welche zur Aufstellung der jetzt wohl allgemein angenommenen Ansicht über die dem Parhelium- und Orthoheliumspektrum zugrunde liegenden gekreuzten und komplanaren Bahnen führten, von Born und Heisenberg durch exakte Anwendung der astronomischen Störungstheorie vervollkommen worden; dabei zeigte sich aber um so sicherer ein Versagen dieser Methoden bei dem Elektronenwechselspiel im Heliumatom.

Ich möchte nun auf einige Gründe hinweisen, welche von vornherein ein solches negatives Resultat erwarten lassen, zunächst beim normalen Heliumgrundzustand (Parhelium 1 S-Term). Es kann wohl als sicher gelten, daß Parhelium die Terme eines Singulettsystems zeigt; denn erstens besitzt es einfache Linien mit normalem Zeemaneffekt (Paschen), zweitens bildet es das erste Glied der natürlichen Reihe Parhe, Li, Be, von denen die beiden letzteren Dublett- bzw. Triplettterme zeigen. Ohne über Einzelheiten Bescheid zu wissen, kann man aber mit Sicherheit aus der Erfahrung schließen, daß bei einem Singulettsystem die zwei zum Atomimpuls beitragenden Elektronen mit den Drehimpulsquanten R (Rumpfelektron) und K (Leuchtelektron), die sich zum Atomimpuls J zusammensetzen, eine ganz verschiedene Rolle spielen, und zwar nicht nur in den angeregten Zuständen $R = \frac{1}{2}$, $K = J = \frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$, sondern auch im Normalzustand, wo $R = K = \frac{1}{2}$ ist. (Diese halben Quantenzahlen R , K , J sind diejenigen, welche sich zur formalen Beherrschung der Multiplettstruktur, der Termintervalle und des anomalen Zeemaneffekts als rationell erwiesen haben. Ob R , K , J „wirkliche“ oder bloß „scheinbare“ Drehimpulse sind, bleibt hier gleichgültig.) Die Zugehörigkeit zum Singuletttermssystem läßt also nicht zu, im Normalzustand des Parheliums beide Elektronen als gleichberechtigt zu behandeln. In welcher Weise im einzelnen die beiden Elektronen ihre verschiedene Rolle durchführen, ist bis jetzt ganz unbekannt; wichtige

Fingerzeige zur Aufklärung sind aber jedenfalls aus der Halbzahligkeit der Quantenzahlen R , K , J und der anomal großen magnetischen Energie von R zu entnehmen.

Das zweite besonders drastische Beispiel für das Versagen der mechanischen Grundprinzipien auch in stationären Quantenzuständen gibt die Multiplettstruktur und speziell der anomale Zeemaneffekt der Komplexterme, welche ihren Ursprung ebenfalls der Wechselwirkung mehrerer Elektronen, nämlich eines Leuchtelektrons K und eines Rumpfes vom Drehimpuls $R > \frac{1}{2}$ verdanken. Wird der Atomrumpf durch Abtrennen des Leuchtelektrons zum selbständigen Ion, so erweist sich der gesamte Drehimpuls J des letzteren nicht gleich dem R des früheren Rumpfs, sondern um $\frac{1}{2}$ größer!

$$J + = R + \frac{1}{2}$$

Die Paradoxie dieses aus der Multiplettstruktur, den Termintervallen und den magnetischen Aufspaltungen allgemein erschlossenen Resultats wird besonders deutlich, wenn man mit Bohr die Zahl der Stellungen betrachtet, die in einem äußeren Magnetfeld einerseits der Rumpf bei beliebig schwacher Bindung des Leuchtelektrons annehmen kann, und die andererseits derselbe Rumpf als Ion bei vollkommener Abtrennung des Leuchtelektrons zur Verfügung hat. Die Zahl der Stellungen ist nämlich im ersten Fall gleich $2R$, im zweiten Fall gleich $2J$, d. h. um 1 größer geworden.

$$2J + = 2R + 1$$

Diese plötzliche Änderung der Zahl der Stellungen beim Übergang von beliebig schwacher Bindung zu ganz fehlender Bindung, d. h. also bei einem Prozeß, den man mit beliebiger Annäherung adiabatisch approximiert denken kann, zeigt das Versagen der klassischen Prinzipien in besonders krasser Form.

Da bei festgehaltener äußerer Magnetfeldstärke die höheren Erregungsstufen stets den Bedingungen des Paschen-Back-Effekts unterliegen (äußeres Feld stark gegen inneres Feld), könnte man vermuten, daß die obige Vermehrung der Stellungsmöglichkeiten des Rumpfes nicht erst bei völliger Losreißung des Leuchtelektrons, sondern schon vorher beim Übergang von „starker“ zu „schwacher“ Bindung stattfindet. Dieser Vermutung widerspricht aber der „partielle“ Paschen-Back-Effekt (z. B. bei Mg nach Back), welcher zeigt, daß auch in starkem äußeren Feld, anders gesprochen, bei schwacher Bindung des Leuchtelektrons noch die gleiche Zahl von Stellungsmöglichkeiten des Rumpfes vorliegt, wie bei starker Bindung. Die Anomalität der Aufspaltungsfaktoren g erscheint gegenüber obiger Paradoxie nur wie eine leichte Verletzung der Mechanik in den stationären Quantenzuständen.

Tübingen, den 15. Juli 1923.

A. Landé.

Botanische Mitteilungen.

Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen. Einen weiteren Beitrag zur Frage des Wasserhaushalts der Heide-Moor-Genossenschaft, die in der letzten Zeit hauptsächlich von Montfort (s. Ref., Bd. VII u. X) bearbeitet worden ist, liefert O. Stocker in einer Abhandlung (Zeitschrift f. Bot. 15, 1923), deren Wert vor allem darauf beruht, daß sich ihre Ergebnisse auf Transpirationsbestimmungen von eingetopften Pflanzen am natür-

lichen Standort (bei Bremerhaven) gründen. Zum Vergleich wurden verschiedene Pflanzen anderer Pflanzenvereine (Xero-, Meso- und Hygrophyten) herangezogen; die meteorologischen Verhältnisse wurden in genauester Weise registriert. Gleichmäßig ergab sich, daß die Transpiration in erster Linie von dem Sättigungsdefizit der Luft abhängt, während zumeist kein Einfluß von Wind- und Temperaturverhältnissen erkennbar ist. Die Bodenfeuchtigkeit wirkt erst unter-

halb einer ziemlich tiefliegenden Grenze, die in Heide und Moor nur selten erreicht wird, hemmend auf den Transpirationsstrom; eine Hemmung durch Moorwasser, wie *Schimper* sie angenommen hat, konnte *Stocker* in Übereinstimmung mit *Montfort* nicht feststellen. Schon *Montfort* hat diese Tatsache gegen die Theorie der „physiologischen“ Trockenheit des Moorbodens ausgewertet. Die Stockersche Arbeit enthält aber eine ganze Reihe weiterer Argumente. Mit besonderen Methoden wurde die Gesamtoberfläche des Blattwerkes berechnet und die Transpirationsgröße pro Flächeneinheit festgestellt. Es erwies sich, daß die Heide- und Moorpflanzen beträchtlich hinter typischen Xerophyten (*Cereus*) zurückbleiben; das gilt auch für eine so xerophytisch aussehende Form wie *Calluna*. *Erica* übertrifft hinsichtlich der Flächeneinheitstranspiration sogar die Buche; *Eriophorum vaginatum* (scheidentragendes Wollgras) rangiert trotz seiner Rollblätter mit *Campanula rotundifolia* (rundblättrige Glockenblume); danach sind die Hochmoor- und Heidepflanzen überwiegend als Meso- bzw. Hygrophyten zu bezeichnen. Ebenso erreicht die Gesamttranspiration bezogen auf den Wassergehalt der Pflanze ansehnliche Werte. *Erica* gibt im Juni täglich das 2,5 fache seines Wasservorrats durch Transpiration ab. *Cereus* nur $\frac{1}{200}$. Ganz unerwartete Resultate gab die Berechnung des Quotienten Transpiration : Wurzelgewicht, wobei das Wurzelgewicht mit dem nötigen Vorbehalt als Maß für das Wasseraufnahmevermögen in Rechnung gesetzt wurde. Während nämlich die sommergrünen Moor- und Heidepflanzen (Sumpfdotterblumen, Sumpfeveilchen), auf gleiches Wurzelwerk bezogen, etwa gleich stark transpirieren wie Pflanzen mittelfeuchter Standorte, weisen die immergrünen Formen mit Rollblättern von echtem Xerophytenhabitus, wie *Erica*, *Calluna* (Heidekraut) und *Empetrum* (Krähenbeere) zwei- bis dreimal so hohe Werte auf. Das steht damit im Zusammenhang, daß die Verkleinerung der Blattfläche hier durch sehr starke Vermehrung der Blattzahl überkompensiert wird. Dadurch ist die transpirierende Gesamtoberfläche ganz wesentlich gesteigert. Ein Maß dafür bietet die Blattfläche in qcm auf 1 g Wurzelfrischgewicht, die bei der Sumpfdotterblume 0,2, dagegen bei *Erica* 2,2, bei *Empetrum* 3,5 und bei *Calluna* gar 4,3 beträgt. Die Verkleinerung des Einzelblattes, die für die immergrünen Formen bezeichnend ist, betrachtet *Stocker* als Anpassung an die besonders im Gebiet der nordwestdeutschen Heide häufigen Winterstürme, die mit ihren starken Deformationen gleichzeitig starke Wasserverluste seitens der Sprosse herbeiführen und denen die Pflanze dadurch entgegenarbeitet, daß stark flächenartige Blätter vermieden werden. Möglicherweise sind auch die starke Ausbildung der Cuticula und die Rollblätter nicht als Transpirationsschutz, wie man bisher getan, sondern als mechanischer Schutz anzusehen. Daß gerade die nordwestdeutsche Heide so reich an immergrünen Formen ist — auch Stechpalme und Besenginster gehören hierher —, führt *Stocker* darauf zurück, daß auch die verhältnismäßig milden Winter für die Assimilationsarbeit genützt

werden sollen. Es wird also von ganz neuen Gesichtspunkten aus eine einheitliche Erklärung des ganzen Erscheinungskomplexes gegeben, der bisher den Ökologen so viel Kopfschmerzen verursacht hat.

Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit. Bei der großen Bedeutung, die dem Rebschutz gerade in der gegenwärtigen Zeit zukommt, ist es zu begrüßen, daß die Bekämpfungsmethoden immer mehr auf eine biologische Grundlage gestellt werden. Bahnbrechend in dieser Hinsicht speziell für die Peronosporakrankheit waren die Untersuchungen von *Istvánffy*, der feststellte, daß die Inkubationszeit (d. h. die Zeit von der Infektion bis zum sichtbaren Ausbruch der Krankheit) in Ungarn zwischen 15—18 Tagen (Mai) und 5—6 Tagen (Juli) schwankt, und daß der Krankheitserreger zu seinem Gedeihen mindestens zwei stärkere Niederschläge bedarf, den ersten zum Eindringen in die Pflanze, den zweiten, um die bis zum Ausbruch erforderliche Entwicklung hinter sich zu bringen. Diese Daten liegen dem vom badischen Weinbauinstitut ausgearbeiteten sogenannten Inkubationskalender zugrunde, durch den das Spritzen im ganzen Lande auf Grund meteorologischer Beobachtungen von dieser Zentrale aus geregelt wird. „Wenn man auf die stärkeren Regenfälle bei warmer Temperatur (über 15° C) achtet und von dem Zeitpunkt des Niederschlages die für die betreffende Jahreszeit festgestellte Inkubationszeit hinzurechnet, kann man vorausbestimmen, wann die Peronospora hervorbrechen wird, vorausgesetzt, daß die Blätter nach Ablauf der Inkubationszeit naß werden. Das Spritzen hat dann vor Ablauf der Inkubationszeit zu erfolgen“ (*K. Müller*, Jahresber. d. Ver. f. angew. Bot. 16, 1918). Die Abweichungen der Inkubationszeiten in den verschiedenen Monaten stehen nun in erster Linie mit den Temperaturverhältnissen in Zusammenhang; da diese aber auch, unabhängig von der Jahreszeit, gewissen Schwankungen unterliegen sind, so läßt sich die Methode noch verfeinern, wenn man die Abhängigkeit der Inkubationszeit von der Temperatur bestimmt. Dem Zweck dient eine Untersuchung von *K. Müller* und *R. Rabanus* (Weinbau und Kellerwirtschaft 2, 1923), in der die auf Grund ausgedehnter Infektionsversuche gewonnenen Daten zu einer „Inkubationskurve“ zusammengestellt werden. Ausbruch der Krankheit erfolgt zwischen Temperaturen von 13 und 30° C. Bei 13° beträgt die Inkubationszeit ca. 12 Tage, sie sinkt dann bis 4 Tage (24° C) und steigt von hieraus wieder an. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen läßt sich also der Spritztermin noch näher präzisieren. Freilich deuten gewisse Beobachtungen darauf hin, daß die Inkubationskurve während der Saison eine Verschiebung erleidet derart, daß die Inkubationszeiten sich mehr und mehr verkürzen. Das ließe sich sehr leicht derart deuten, daß die Virulenz mit der Zahl der Infektionen zunimmt, wie dies für viele Bakterien feststeht. Die Bedeutung all dieser biologischen Versuche liegt darin, daß zu häufiges und zu verkehrter Zeit angebrachtes Spritzen vermieden wird. Stark.

Astronomische Mitteilungen.

Als Mitteilungen der Universitätssternwarte Innsbruck Nr. 14) ist eine Arbeit von *A. Scheller* erschienen, welche die Ergebnisse einer Längenbestimmung behandelt. Es ist für den Referenten, der an diesem In-

stitute *A. Prey* die erste Einführung in die Astrophysik zu verdanken hatte, eine liebe Aufgabe, von dieser Sternwarte zu berichten. In Innsbrucks Umgebung, über der Zone des Talnebels — in idealer Lage, wie *Scheller* hervorhebt — hat sie *E. von Oppolzer* hinge-

4) Ak. d. Wiss. Wien. Sitz.-Ber. Math.-Nat. Kl. Abt. IIa, 131. Bd., Heft 6 u. 7.

Mannes gedenken, der voll sprühender Gedanken und edler Denkungsart, ein echter *Oppolzer*, so früh der Wissenschaft entrissen wurde, noch ehe er sich seines Werkes erfreuen konnte.

Das Hauptinstrument, dessen Bild auch in *Graffs* „Astrophysik“ Eingang gefunden hat, ist ein schöner 40-cm-Spiegel von Zeiß (1:2,5). Beiderseits je ein photographisches 80-mm-Objektiv (1:10); als Leitfernrohr dient ein 7,5-Zöller. Die Beobachtungen für die vorliegende Untersuchung sind von dem derzeitigen Direktor Prof. *Scheller* und Dr. *Oberguggenberger* am Schöfflerschen Meridiankreise (108 mm Öffnung, 1150 mm Brennweite) angestellt worden. Nach dem Vorgange bei der Längenbestimmung Paris—Washington u. a. wurden hier drahtlose Zeitzeichen mit Erfolg herangezogen. Der Empfangsapparat, ein einfacher Primärfempfänger mit Detektor, ist auf der Sternwarte selbst hergestellt worden. Die Gesamtlänge der Antenne beträgt 240 m. Die größere Schärfe der Nauener Punktsignale gegenüber den Pariser war für die Wahl der ersten maßgebend. Dies gilt natürlich für das Pariser „Onogo“-Signal; Referent würde für die Zwecke einer Längenbestimmung das Pariser Koinzidenzsignal vorziehen, das ja schon seiner Natur nach als das geeignetste erscheint. *Scheller* findet den m. F. der einzelnen Zeitempfänge zu $\pm 0,02$, trotz des etwas gezwungenen Vorganges: Einschätzen der Radiopunkt-signale in die Zehntel eines „Dreizehenschlägers“, dessen Koinzidenzen mit der Hauptuhr nachher mehrmals beobachtet wurden. Der Fehler der persönlichen Auffassung der Zeiten hätte leicht mit Doppeltelefon durch gleichzeitige Aufnahme zweier Beobachter ausgeschaltet werden können; das Ideal wäre natürlich Schreibempfang am Chronographen. — Der ermittelte Gang der Hauptuhr Howhü ist nicht sehr günstig. Die lokalen Zeitbestimmungen wurden an 15 Abenden mit durchschnittlich 2 Pol- und 8 Zeitsternen durchgeführt. Die schließlich gewonnenen Werte für den Längenunterschied zeigen untereinander eine sehr befriedigende Übereinstimmung. Es ergab sich als Endwert $\lambda = +45^{\circ} 31', 448 \pm 0,050$. Werden vier stärker abweichende Werte ausgeschlossen, so findet man $\lambda = +45^{\circ} 31', 425 \pm 0,023$.

Abgesehen von einer ihrer Natur nach unsicheren Längenbestimmung aus Sonnenfinsternisaufnahmen, lag aus älterer Zeit ein Wert von $+45^{\circ} 32', 36$ vor, der *Oppolzer* aus dem Stadtplane durch Anschluß an einen Punkt des Katasters von 1850 erhalten hat. Diesen Wert kann man natürlich nur als angenähert bezeichnen. Immerhin wäre es doch wünschenswert, den Ursachen der vorliegenden enormen Differenz nachzugehen. Die aus dem Plane entnommene rohe Distanz war nämlich 1015 m, der neue Wert gibt eine Lage westlich vom Katasterpunkt von 1304 m. Es liegt also eine Abweichung von 289 m vor. Ein Fehler der Triangulierung in solchem Ausmaße erscheint fast undenkbar, aber selbst auch ein so großer Übertragungsfehler aus dem Stadtplane. Ein neuer geodätischer Anschluß wäre interessant, auch mit dem Nebenzwecke, nachzusehen, ob Innsbruck an der Westwanderung teilnimmt, die *M. Schmidt*²⁾, wie Referent glaubt, ziemlich einwandfrei für das bayerische Alpenland nachgewiesen hat. Bei dieser Westwanderung handelt es sich natürlich um bedeutend geringere Beträge. Immerhin war der maximale Wert 2,5 m für Roggenburg.

²⁾ Akad. d. Wiss. München, Sitz.-Ber. Juni 1920.

Die funkentelegraphischen Zeitsignale. Seit einiger Zeit werden an der Wiener Sternwarte drahtlose Zeitsignale aufgenommen. Im Anschluß an die oben besprochene Arbeit sei hier einigen aus der Praxis sich ergebenden Erwägungen in Kürze Raum gegeben:

1. Das französische „Onogo“-Signal von $10^h 25^m$ (M. E. Z.) gibt, wie schon *Scheller* hervorgehoben hat, bedeutend unschärfere Punkte, als das Nauener, ist daher viel unsicherer aufzufassen und scheint auch sonst nicht sehr verlässlich zu sein. Besser ist das alte Signal $11^h 45^m$ von Paris. Hier sind die Punkte schärfer, doch hat man bei diesem halbautomatischen Signal nur drei verlässliche Vergleichspunkte. Bei Nauen machen wir aber in zwei Minuten 13 Uhrvergleiche. Nimmt man die Minute mit den „x“ dazu, so hat man, wie z. B. *Hartwig*³⁾ u. a., bis zu 28 Vergleiche.

2. Der Nachteil aller dieser Signale besteht darin, daß ihr Fehler vorerst unbekannt ist und erst nach längerer Zeit veröffentlicht wird. Die Abweichung des Signals von Nauen wird u. a. in Potsdam und Hamburg beobachtet, die Beobachtungen der Seewarte werden im Beob. Zirk. der Astronomischen Nachrichten nach geraumer Zeit für einen längeren Zeitabschnitt auf einmal veröffentlicht. Dieser Vorgang wird sich in Zukunft nicht aufrecht erhalten lassen. Neben der späteren Publikation muß der Fehler auch am selben Tage funkentelegraphisch mitgeteilt werden. Dies kann analog wie bei dem unten zu besprechenden Pariser Koinzidenzsignal wohl schon nach einer halben Stunde geschehen. Hamburg würde sogleich nach Auswertung der Chronographenstreifen das Resultat nach Nauen telefonieren und die Radiostation gäbe etwa Folgendes mit langsamen Zeichen: P. O. Z. Zeitzeichen Korrektion plus 013==== plus 013==== plus 013====, also hier im Beispiel Signal um $0^h 13$ Sekunden zu spät. Dann wird das Zeichen praktisch unmittelbar bedeutungsvoll. Man muß ja bedenken, daß in einigen Jahren sicher jede deutsche Sternwarte eine Radiostation haben wird.

3. Wie in der vorhergehenden Besprechung erwähnt, erscheint dem Referenten für Längenbestimmungen nur ein Koinzidenzsignal als einwandfrei. Der Eiffelturm gibt ein solches auf Welle 2600 m um 11 und 23^h . Die Koinzidenzen zwischen den Pariser Signalen und der eigenen Uhr lassen sich mit außerordentlicher Schärfe feststellen. Bei einiger Übung kann man den m. F. der Signalabnahme unter $0,01$ halten. Die mit Extrapolation gefundenen Zeiten für den 1. und 300. Punkt des Signals gibt Paris dann mit langsamen, leicht aufnehmbaren Zeichen um $11^h 33^m$ bzw. $23^h 38^m$.

4. Um 23^h gibt auch Moskau ein Koinzidenzsignal, das mit unserer bescheidenen provisorischen Anlage sehr deutlich aufzunehmen ist. Leider werden im Gegensatz zu Paris die Korrekturen nachher mit solcher Geschwindigkeit abgespielt, daß sie nur von geübten Telegraphisten aufzunehmen sind. Hierin könnte Abhilfe geschaffen werden.

5. Außer diesen Koinzidenzsignalen gibt es noch solche auf Welle 15 500 um 9^h von Lyon und auf Welle 18 940 um 20^h von Lafayette. Also täglich vier französische und ein russisches wissenschaftliches Zeitsignal und kein deutsches! Es muß ein Nauener Koinzidenzsignal in nächster Zeit eingeführt werden, zumindest aus dem Grunde, um den kleinen Stationen, die nur Nauen erreichbar haben, ein Koinzidenzsignal zu verschaffen!

W. E. Bernheimer.

³⁾ Himmelswelt XXXIII, 37,

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 35. (Seite 729—752)

31. August 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Ostwalds Arbeiten in der chemischen Verwandtschaftslehre. Von *Svante A. Arrhenius*, Stockholm. S. 729.

Wilhelm Ostwald zum siebenzigsten Geburtstag. Von *H. Freundlich*, Berlin-Lichterfelde. S. 731.

Über die spezifische Natur und den Wirkungsmechanismus kohlehydrat- und glykosidspaltender Enzyme. Von *Richard Kuhn*, München. S. 732.

Lichtsinn und Blumenbesuch des Taubenschwanzes (*Macroglossum stellatarum*) S. 742.

Sven Hedins Tibetwerk. S. 745.

Besprechungen:

Kries, Johannes v., Allgemeine Sinnesphysiologie. Von *H. Koellner*, Würzburg. S. 748.

Fuchs, R., und Hopf, L., Aerodynamik. Handbuch der Flugzeugkunde Bd. II. Von *T. Pöschl*, Prag. S. 748.

Lundegardh, Henrik, Zelle und Cytoplasma, Bd I aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie. S. 750

Tischler, Georg, Allgemeine Karyologie. Band II aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie. Von *Fr. Herrig*, Berlin. S. 750.

Astronomische Mitteilungen. S. 751.

Neue photographische Parallaxbestimmungen mit dem 100-Zoll-Spiegel am Mt. Wilson.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die neueren chemotherapeutischen Präparate aus der Chininreihe

(Optochin, im besonderen Eukupin und Vuzin)

und aus der Akridinreihe

(Trypaflavin, Rivanol)

Eine kritische Besprechung des bisherigen Erfolges und der Grundlagen der Therapie

Von

Ernst Laqueur

Direktor des pharmakologischen Instituts Amsterdam

Unter Mitwirkung von

A. Grevenstuk

Assistent a. pharmakologischen
Institut Amsterdam

A. Sluyters

I. Assistent am pharmakolog.
Institut Amsterdam

L. K. Wolff

I. Assistent am hygienischen
Institut Amsterdam

(II, 92 S.) — GZ. 3

(Sonderabdruck aus „Ergebnisse der inneren Medizin und Kinderheilkunde“ 23. Band)

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 23. August 1923: 1 000 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-
Konten

für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer,

Bezugspreis f. September

Der Verlag sieht sich infolge der unaufhaltsam fortschreitenden Teuerung gezwungen, den Postbezugspreis der „Naturwissenschaften“ für den Monat September im Einverständnis mit der Postverwaltung als „freibleibend“ zu bezeichnen. Tritt die Notwendigkeit ein, den Preis zu erhöhen, so wird der Unterschiedsbetrag zwischen dem an die Post bezahlten und dem neuen Preise unmittelbar von unseren Beziehern erbeten werden.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9

VERLAG VON J. F. BERGMANN IN MÜNCHEN

Chemie der Enzyme

Von

Professor **Hans Euler**

Professor der Chemie an der Universität Stockholm

Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage

1. Teil: **Allgemeine Chemie der Enzyme.** Mit 32 Textfiguren und 1 Tafel. (XI, 308 S.) 1920. GZ. 21, geb. GZ. 24
2. Teil: **Spezielle Chemie der Enzyme.** 1. Abschnitt: **Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside.** Mit 44 Textfiguren. (X, 314 S.) 1922. GZ. 21

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben, mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht, den Verkaufspreis. Über den zurzeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Ostwalds Arbeit in der chemischen Verwandtschaftslehre

Von Svante A. Arrhenius, Stockholm.

Ostwald hat selbst mit großer Schärfe hervorgehoben, wie außerordentlich wichtig die Jugend- und ersten Männerjahre eines Forschers sind, indem eigentlich vor dem dreißigsten Jahre alle die originellen Ideen *in nuce* schon dann bei ihm hervortreten, die später von ihm ausführlicher bearbeitet werden. Die ersten Schritte auf der wissenschaftlichen Bahn eines Forschers bieten demnach ein ganz besonderes Interesse. Deshalb will ich mit einigen Worten die Wirksamkeit Ostwalds in dem ersten Abschnitte seiner wissenschaftlichen Bahn etwas näher beleuchten, was um so natürlicher erscheint, als ich während der kräftigsten Entwicklung derselben viel mit ihm zusammen arbeitete. Außerdem liegt dieser Abschnitt so weit in der Zeit zurück, daß er wohl relativ wenig bekannt ist.

Schon auf dem Gymnasium in Riga zeigte Ostwald eine große Liebe für naturwissenschaftliche Experimente und verwendete auf dieselben so viel Zeit, daß seine Gymnasialstudien dadurch um zwei Jahre verlängert wurden. In dieser Zeit hat er die starke Abneigung gegen die damaligen Methoden und Gegenstände des Gymnasialunterrichts bekommen, welche in seinen späteren Schriften stark hervortreten.

Auf der Universität Dorpat widmete Ostwald sich den Studien der Physik und Chemie unter der Leitung der hervorragenden Lehrer Lemberg, von Oettingen und Carl Schmidt, denen er nachher die größte und aufrichtigste Dankbarkeit erwies. Im Jahre 1875 wurde er nach dreijährigen Universitätsstudien exmatrikuliert und erhielt im selben Jahre eine Assistentenstelle im physikalischen Institut. In die naturphilosophischen Ansichten, welche später Ostwald so stark charakterisieren, wurde er von dem damaligen Privatdozenten Johann Lemberg eingeführt, der ein begeisterter Anhänger der Comteschen „philosophie positive“ war. Lemberg war auch Chemiker und Assistent im chemischen Institut von Professor Schmidt, wo Ostwald seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten ausführte. Lemberg regte auch Ostwald zu seiner Erstlingsarbeit an, der Kandidatenschrift, welche in Auszug im Journal für praktische Chemie unter dem Titel „Über die Massenwirkung des Wassers“ (1875) veröffentlicht wurde. Diese Schrift behandelt die Zersetzung von Wismutchlorid durch Wasser, also ein Gleichgewichtsproblem der Chemie.

Von Anfang an war demnach Ostwald in das Gebiet der physikalischen Chemie eingeführt. Er

setzte da mit größtem Eifer ein. Bekanntlich hatte Jul. Thomsen mit Hilfe von kalorimetrischen Messungen die sogenannte Avidität der Säuren, d. h. das Verteilungsverhältnis einer Base zwischen zwei Säuren, die in äquivalenten Verhältnissen anwesend waren, bestimmt. Diese wichtigen Bestimmungen wurden von Ostwald mit anderen physikalisch-chemischen Hilfsmitteln, nämlich Messungen der Dichte und der Lichtbrechung der Lösungen, an einem großen Versuchsmaterial vorgenommen. Ostwald hob hervor, daß die Schwefelsäure, welche Thomsen als Vergleichskörper benutzt hatte, sich dafür nicht gut eignet, wegen der dabei auftretenden Nebenreaktion der Bildung von sauren Sulfaten. Er fand ferner, daß das Teilungsverhältnis unabhängig von der angewandten Base (Ammoniak, Kali, Natron sowie Oxyde von Magnesium, Zink und Kupfer) und von der Temperatur ist, wenn man Salpetersäure mit Chlorwasserstoff vergleicht. Dieser Satz trifft dagegen nicht zu, wenn man Schwefelsäure mit den beiden genannten einbasischen Säuren vergleicht. Im Jahre 1878 untersuchte er auch die chlorierten Essigsäuren, Ameisen-, Essig-, Propion-, Butter-, Isobutter-, Milch-, Glykol-, Bernstein-, Äpfel- und Weinsäure nach dieser Richtung. Diese Untersuchungen dienten auch als Grundlage für Ostwalds Magister- und Doktordissertationen (1877 und 1878). Die Arbeiten im chemischen Institut veranlaßten Ostwald im Jahre 1879, seine Assistentenstelle im physikalischen Institut gegen diejenige im chemischen zu vertauschen. Im selben Jahre wurde er Privatdozent und las über chemische Verwandtschaftslehre.

In einem Nachtrag zu seinen volumchemischen Studien bestimmt Ostwald 1877 die relative Stärke der Salpetersäure und der Chlorwasserstoffsäure durch partielle Fällung zweier äquivalenten Lösungen von ihren Calciumsalzen mit einer äquivalenten Menge Oxalsäure bei verschiedenen Temperaturen und findet seine früher gefundenen Resultate bestätigt. Diese Versuche über Gleichgewichtsverhältnisse setzte er mit Schwefelzink in Salzsäure und Schwefelsäure 1879 sowie bei Messungen, beschrieben in zwei kleinen Abhandlungen „Löslichkeit des Weinstein in verdünnten Säuren“ und „Löslichkeit der Sulfate von Barium, Strontium und Calcium in Säuren“ fort (1884), teilweise, seitdem er nach Riga als Professor der Chemie am Polytechnikum (1881) übergesiedelt war.

Er wendete sich jetzt dem Studium der chemischen Dynamik zu und begann die bekannten Versuche über Katalyse, die von so großer Bedeutung geworden sind. Er untersuchte zuerst (1884) den katalytischen Einfluß verschiedener Säuren auf den Zerfall von Acetamid bei Anwesenheit von Wasser in Essigsäure und Ammoniak, wobei das Ammoniak fast vollkommen mit der katalysierenden Säure Salz bildet. Trotz vieler störenden Umstände, zufolge der Wirkung des entstandenen Neutralsalzes, gelang es *Ostwald* nachzuweisen, daß die Forderungen der Guldberg-Waageschen Theorie einigermaßen erfüllt sind. Es ist jedoch auffallend, daß die Acetamidversuche besonders für die schwachen Säuren zu geringe Werte ergeben. *Ostwald* ging deshalb zu anderen Methoden über, die von ähnlichen störenden Wirkungen frei sind, nämlich die Hydrolyse von Methylacetat (1883) und Rohrzucker (1884). Mit seinem großen Material (23 Säuren) fand er eine viel bessere Übereinstimmung zwischen den von diesen Säuren bewirkten Reaktionsgeschwindigkeiten in den beiden Fällen. Mit Recht war er mit diesem Erfolg sehr zufrieden, wie seine Schlußworte zeigen. „Der Charakter der Affinitätszahlen, als die Affinitätswirkungen in weitestem Umfange bedingender Naturkonstanten wird dadurch in helles Licht gestellt und die Bestimmung derselben erlangt für die Verwandtschaftslehre eine Bedeutung, welche der der Atomgewichte für die Stöchiometrie an die Seite zu stellen ist.“

Trotz dessen waren einige Besonderheiten, wie z. B. der Einfluß von Neutralsalzen, besonders auf die Wirkung schwacher Säuren unerklärt (diese wurden später durch die Dissoziationstheorie aufgeklärt).

Da kam von anderer Seite ein ganz neuer Anstoß. Im Jahre 1884 wurde der Parallelismus zwischen der Stärke der Säuren und ihrer Leitfähigkeit gefunden. Die Säuren, sowohl wie andere Elektrolyte bestehen teils aus aktiven teils aus inaktiven Molekeln. Nur die aktiven sind chemisch wirksam und auch elektrisch leitend. Später (1887) wurde nachgewiesen, daß die aktiven Teile in ihre Ionen zerlegt sind. Die Leitfähigkeit einer Säure gibt auch ein Maß ihrer katalytischen Wirkung.

Unmittelbar nachdem *Ostwald* von dieser Theorie Kenntnis erhalten hatte, prüfte er den letztgenannten Satz an 34 Säuren und fand denselben in auffallendem Maße bestätigt. Man hatte, wie er selbst sagt, in der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit „eine Meßmethode gefunden, durch welche Affinitätsgrößen frei von allen Nebenumständen mit einer nur durch die Fehler der experimentellen Ausführung begrenzten Genauigkeit bestimmt werden können“. *Ostwald* ging jetzt zu Messungen des elektrischen Leitungsvermögens über, die in einer Reihe von Abhandlungen unter dem gemeinsamen Titel „Elektrochemische Studien“ veröffentlicht sind.

In den letzten „Studien zur chemischen Dynamik“ bewies er, daß die katalytische Wirkung einer Säure bei verschiedenen Verdünnungen sich genau im selben Verhältnis verändert wie ihre elektrische Leitfähigkeit. Danach bestimmt *Ostwald* das elektrische Leitungsvermögen von zwanzig Säuren bei verschiedenen Verdünnungen, wonach weitere etwa hundert Säuren von der verschiedensten Zusammensetzung untersucht wurden (1885). Danach kommt im Jahre 1886 die Untersuchung des Leitungsvermögens von 24 Basen und zuletzt prüft und bestätigt *Ostwald* „das Gesetz von *Kohlrausch*“ an Lösungen von zahlreichen Salzen (1887). Danach kommt seine letzte Arbeit in Riga „Studien zur Kontaktelektrizität“ (1887). *Ostwalds* „Arbeiten über Katalyse sowie seine dafür grundlegenden Untersuchungen über chemische Gleichgewichte und Reaktionsgeschwindigkeiten“, wurden 12 Jahre später mit dem Nobelpreis für Chemie gekrönt.

Mit diesen zahlreichen Untersuchungen verfolgte auch *Ostwald* ein anderes großes Ziel, die Verwandtschaftslehre so zu vervollständigen, daß er sie zu einem gewissen Abschluß bringen konnte. Er war nämlich in seinen letzten Rigaer Jahren mit der Abfassung seines großen Werkes „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ beschäftigt, dessen zweiter Teil im Jahre 1887 erschien. In demselben kann man den Werdegang seiner damaligen Ansichten und Untersuchungen in allen Details verfolgen. Das Lehrbuch zeigte der erstaunten Welt, wie viele erhebliche Schätze durch die physikalische Chemie erschlossen worden waren und bildete dadurch Epoche auf diesem Gebiet.

1887 wurde *Ostwald* nach Leipzig berufen. In diesem Jahr erschien meine Abhandlung, in welcher gezeigt wurde, daß die elektrischen Messungen zu demselben Resultat führten wie diejenigen über die Gefrierpunkte der Lösungen, wonach die aktiven Teile eines Elektrolyten seine Ionen sind, in welche er teilweise zerfallen ist. Im Januar 1888 erwies *Ostwald*, daß die schwachen Säuren dem Guldberg-Waageschen Gesetze folgen und stellte sein entsprechendes Verdünnungsgesetz auf. Er unternahm dann eine neue Untersuchung des Leitungsvermögens von 242 Säuren, um zu finden, daß dieses Gesetz allgemein zutrifft. Nachdem diese Großtat, die ja allgemein bekannt und gewürdigt ist, vollendet war, schloß er seine Untersuchungen auf diesem Gebiet mit einigen Abhandlungen ab, wovon die bedeutendsten sind: „Zusammensetzung der Ionen und ihre Wanderungsgeschwindigkeit“, „Oxydations- und Reduktionsvorgänge“ und „Bestimmungen der Basizität der Säuren, ihre Zusammensetzung und Konstitution“ (alle 1888), „Elektrische Eigenschaften halbdurchlässiger Scheidewände“ (1890), „Farbe der Ionen“ (1892) und „Dissoziation des Wassers“ (1893).

Ostwald entwickelte eine geradezu explosive Wirksamkeit auf diesem Gebiete. In seinem Institut in Leipzig versammelten sich Schüler aus

der ganzen Welt und die von ihm 1887 gegründete und redigierte Zeitschrift sammelte alle Kräfte, die sich der physikalischen Chemie widmeten. In dieser veröffentlichte er seine zahlreichen wissenschaftlichen Abhandlungen und die lebhaft geschriebenen prächtigen Kritiken über anderswo erscheinende Arbeiten in seiner mächtig aufblühenden Wissenschaft, wodurch er die Entwicklung auf diesem Gebiete in höchstem Maße beförderte und ihr Form und Richtung gab. Es ist kein Wunder, daß *Ostwald* sich bei diesen gigantischen Arbeiten überanstrengte. Das geschah damals regelmäßig im Frühling jedes Jahres. Aber ebenso bewunderungswürdig wie seine Arbeitsfähigkeit war die Geschwindigkeit, mit

welcher er sich in einigen Wochen erholte. Und wenn man seine jetzige Rüstigkeit sieht, muß man sagen, daß nur äußerst selten ein Gelehrter so von der Natur zur Ausführung einer Riesenarbeit veranlagt gewesen ist. Bevor er noch seine große Arbeit über die Chemie der Lösungen abgeschlossen hatte, wendete er sich einer weitumfassenden erkenntnistheoretischen Arbeit zu, indem er seine ersten „Studien zur Energetik“ (1892) ausführte. Und in den seitdem verflossenen dreißig Jahren hat er mehrmals neue Arbeitsfelder angegriffen und aufgearbeitet. Wir hoffen, daß der Jubilar uns noch manchen köstlichen Fund mit Hilfe seiner unermüdlichen Energie zutage fördern wird.

Wilhelm Ostwald zum siebzigsten Geburtstag.

(Am 2. September 1923.)

Von H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Der Name *Wilhelm Ostwald* schlug mir zum erstenmal entgegen, als ich im Winter 1898/99 bei *Rothmund*, der damals Privatdozent in *München* war, eine Vorlesung über Elektrochemie hörte. Als wäre es gestern, so ist mir noch das freudige Erstaunen lebendig, das mich erfüllte, als sich das schön verknüpfte Gewebe der Theorie der verdünnten Lösungen und der Dissoziation vor meinen Augen entfaltete. Alles wurde dadurch frischer und gegenwärtiger, daß *Rothmund* selbst als Schüler *Ostwalds* jene glänzendste Zeit des *Leipziger* physikalisch-chemischen Instituts zu Anfang der neunziger Jahre miterlebt hatte. Diese Eindrücke lösten zuguterletzt bei mir den Entschluß aus: ich gehe nach *Leipzig* und suche im *Ostwaldschen* Laboratorium vom Standpunkt der neueren Lösungstheorie aus die Kolloide verstehen zu lernen. Nun sah es im *Leipziger* Institut um die Jahrhundertwende in mancher Hinsicht anders aus als zehn Jahre vorher. Nachdem *Ostwald* der Ionentheorie zum Siege verholfen hatte, war er in einen neuen Kreis von Aufgaben getreten: ihn bewegte der Kampf der Energetik mit der Atomistik, und technische Fragen begannen ihn bald darauf zu fesseln, so daß er selbst nicht mehr sein Herz rein physikalisch-chemischen Dingen zuwandte. Aber der Geist, den er erweckt hatte, lebte in dem von *Luther*, *Bredig* und *Bodenstein* geleiteten Institut weiter, jener „Geist brüderlicher Offenheit und begeisterter Arbeitsfreude“, den so mancher *Ostwaldschüler* später in seinem eigenen Laboratorium wiedererwecken gesuch hat und dabei entdecken mußte, welch ein außerordentliches Maß von Überlegenheit und Sachlichkeit, von Frische und untilgbarer, stets bereiter Arbeitskraft dazu gehört. Wer jenen goldenen Spätsommer des *Ostwaldschen* Instituts miterlebt hat, dem ist er in unauslöschlicher Erinnerung. Daß durch *Ostwalds* Beispiel die kinetische Theorie der Gase mit einer gewissen Gleichgültigkeit und Abneigung behandelt wurde,

und daß man sich deshalb ihr Handwerkszeug nicht in der Zeit jugendlicher Aufnahmefähigkeit angeeignet hat, empfindet mancher jetzt vielleicht als einzigen leichten Schatten.

Man trifft nicht den Kern von *Ostwalds* Wesen, wenn man ihn bloß als Naturwissenschaftler ansieht. Der leidenschaftliche Wunsch, irgendeine Naturerscheinung so gründlich wie möglich zu begreifen, ist wohl zu keiner Zeit seines Lebens die einzige Triebkraft gewesen, die in ihm wirkte. Es ist vielmehr ein Übermaß von Tatenlust und Energie, die ihn zum Schaffen zwingt, und der Drang, immer weitere Kreise von Menschen an dem Gewinn seiner Erkenntnisse teilhaben zu lassen und sie in den Bann seiner Anschauungen zu ziehen. Mit diesen außerordentlichen Eigenschaften des Willens ist eine auch sonst glänzende Begabung gepaart: ein großes Handgeschick, ein guter Sinn für das Praktische, ein erstaunliches Gedächtnis, ein rascher Blick und ein nicht minder rasches, klares Urteil, eine treffsichere Feder, die reibungslos das rechte Wort an die rechte Stelle setzt. Den kühnen Bergsteiger reizen die Felsen, die noch kein Fuß betreten hat. So locken *Ostwald* nur Gebiete, die unbeachtet oder verkannt brach da liegen. In den siebziger Jahren, in denen sich fast jeder junge Chemiker der Bearbeitung der aromatischen Verbindungen zuwandte, weil die Benzoltheorie die schönsten wissenschaftlichen wie technischen Gewinne versprach und gewährte, beginnt *Ostwald* seine wissenschaftliche Tätigkeit an der *Dorpater* Hochschule, indem er, von seinem Lehrer *Lemberg* angeregt, das chemische Gleichgewicht in wässrigen Lösungen untersucht. Und das chemische Gleichgewicht war damals für die meisten trotz *Guldberg* und *Waage* nichts mehr als eine wissenschaftliche Sonderbarkeit, und es gelangte mit durch *Ostwalds* Arbeiten erst zu der Bedeutung, die ihm gebührte.

So mannigfaltig seine Betätigung dem oberflächlichen Beobachter zunächst erscheint, man

erkennt bald, wie unverändert seine Wesensart zur Geltung kommt. Ohne Zögern, ohne Schwanken wandelt er neue Bahnen, und mit der ihm eigenen Furchtlosigkeit und Freude am geistigen Kampfe scheut er sich nicht, unermüdlich in Wort und Schrift die Meinungen zu vertreten, zu denen er durchgedrungen ist, mögen sie der näheren und fernerer Öffentlichkeit noch so fremd und überraschend erscheinen. Sein Lehrbuch der allgemeinen Chemie, das er 1884 in erster Auflage veröffentlichte, gab der physikalischen Chemie den Platz, der ihr zukam. Im folgenden Jahr begann das Jahrzehnt der neueren Lösungstheorie. Was es bedeutet hat, daß *Ostwald* für sie sein ganzes Wollen und Können in die Wagschale warf, ist jedem bekannt; man braucht sich bloß der Tätigkeit des *Leipziger* physikalisch-chemischen Institutes, seiner Lehrbücher, der Gründung der Zeitschrift für physikalische Chemie und der Bunsengesellschaft zu erinnern. Und in dem nach ihm benannten Verdünnungsgesetz gelang ihm in besonders glücklicher Weise die Erklärung der Ergebnisse seiner älteren Gleichgewichtsversuche auf Grund der Dissoziationstheorie.

Es war wohl die Beschäftigung mit den thermodynamischen Studien des großen Theoretikers *Gibbs*, die *Ostwalds* Denken und Planen eine neue Richtung gaben. Der Begriff der Energie rückte in den Mittelpunkt seiner Weltansicht. Er bekämpft deshalb zunächst die molekularkinetischen Anschauungen, wie sie weitgehend die Physik und Chemie beherrschten, wie wir jetzt wissen, mit Recht beherrschen. Dann geht er weiter und macht die Energie zum Kern eines Weltbildes, indem er die Dinge danach zu bewerten sucht, ob man die Energie wirksam aus-

nutze oder sie vergeude. Es ist verständlich, daß in dieser Zeit technologische Aufgaben für ihn an Bedeutung gewinnen. Von den mancherlei Fragen, die ihn beschäftigten, brachte eine, die von ihm zuerst durchgeführte Verbrennung des Ammoniaks zur Salpetersäure, einen bemerkenswerten Erfolg; sein Verfahren wurde ja für uns im Kriege entscheidend wichtig. Dann erschien ihm alles, was Reibungen verminderte und aufhob, besonders wertvoll, und so trat er für eine Weltsprache ein, für den Weltfrieden, für ein Weltgeld, kurz für alle Bestrebungen, die scheinbar oder wirklich unfruchtbare Unterschiede und Gegensätze beseitigen wollten.

Als müßte die Natur zeigen, daß ein solch verstandesmäßiges Weltbild ihrem Wesen noch lange nicht gerecht würde, so ließ sie die entsetzliche Energievergeudung des Weltkrieges losbrechen und zerriß damit fast alle völkerverbindenden Fäden. *Ostwalds* Tatkraft wurde durch diese Enttäuschung nicht gelähmt. Von jeher war ihm das Malen eine liebe Erholung gewesen, nicht minder die Beschäftigung mit Fragen der malerischen Technik. Hier knüpfte er an, vertiefte sich in die Farbenlehre, gestaltete sie so aus, daß sie kunstgewerblichen Arbeiten dienen konnte, und gewann so eine neue Möglichkeit, in die Weite zu wirken. Denn es ist eine Forderung unserer Zeit und vielleicht eine Quelle, aus der künftig eine neue, glücklichere Kunstbetätigung entspringen wird, daß auch größere Volkskreise der Freude am Schönen teilhaftig gemacht werden.

Möge *Ostwald* in seiner unüberwindbaren Tatkraft und dem Mut, mit dem er für die als gut und richtig erkannten Gedanken eintritt, uns noch lange Jahre Lehrer und Vorbild bleiben!

Über die spezifische Natur und den Wirkungsmechanismus kohlehydrat- und glykosidspaltender Enzyme¹⁾.

Von Richard Kuhn, München.

Der Anreiz, den zahllosen Beobachtungen, die über den Verlauf enzymatischer Katalysen vorliegen, neue Messungen hinzuzufügen, geht aus von den Ergebnissen der präparativ gerichteten Untersuchungen *R. Willstätters*, der gelehrt hat, die Enzyme durch Adsorptionsmethoden von dem außerordentlichen Ballast an Begleitstoffen weitgehend zu befreien, von dem sie in den natürlichen Organen und Sekreten begleitet werden (1). Schon heute scheint es in einzelnen Fällen möglich durch Vergleich der Wirkungen, den diese Katalysatoren bei wechselndem Reinheitsgrade ausüben, das Wesentliche der Erscheinungen von dem durch zufällige Beimischungen Bedingten zu unterscheiden. Zu diesem Zwecke ist eine Vervollkommenung der quantitativen Analyse der Enzymwirkungen nötig. Sie hat zur Erkenntnis

einiger experimenteller Fehlerquellen geführt und verspricht nunmehr die Vorstellungen über das Wesen der Fermente selbst zu vertiefen und uns zugleich dem Endziel kinetischer Forschung näher zu führen: aus dem Verlauf einer Reaktion den Mechanismus derselben zu ergründen. Denn der Probleme, vor die uns die Enzyme stellen, gibt es zwei. Das eine ist die Frage nach ihrer chemischen Eigenart, nach dem Ursprung jener wundervoll abgestimmten Affinitäten, mit deren Hilfe die Natur den Stoffwechsel im Tier- und Pflanzenreiche regelt; das andere ist ein Problem der Katalyse so wie viele andere, bei denen wir über die Zusammensetzung der Katalysatoren bereits wohl unterrichtet sind oder doch unterrichtet zu sein glauben, und über dieses letztere will ich heute sprechen.

Die Arbeitskontrolle bei der Isolierung von Enzymen besteht in der fortwährenden Bestim-

¹⁾ Vortrag, gehalten vor der Münchener Chemischen Gesellschaft am 1. März 1923.

mung von Reaktionsgeschwindigkeiten, aus denen wir nach dem Vorbilde der von *R. Willstätter* und *A. Stoll* (2) im Jahre 1917/18 veröffentlichten Untersuchung „Über Peroxydase“ Ausbeute und Konzentration der Enzyme in den gewonnenen Lösungen und Präparaten berechnen. Aber diese Methodik beruht auf der unbewiesenen Voraussetzung, daß die Reaktionsgeschwindigkeiten zu den Mengen der Enzyme immer in demselben Verhältnis stehen, mit anderen Worten, daß unter gleichen äußeren Bedingungen gleiche Enzymmengen unabhängig von der differierenden Art und Konzentration der natürlichen Begleitstoffe immer gleiche Reaktionsgeschwindigkeiten bewirken.

Der quantitative Vergleich von Reaktionsgeschwindigkeiten hat noch in anderer Hinsicht für die Beurteilung der nach den Sorptionsmethoden gewonnenen Enzympräparate Bedeutung erlangt. Die Rohprodukte, aus denen wir die Enzyme zu isolieren versuchen, sind durch eine außerordentliche Mannigfaltigkeit von katalytischen Wirkungen ausgezeichnet. So vermag die Pankreasdrüse Fette, Kohlehydrate und Proteine abzubauen, der Hefepilz die verschiedensten Zuckerarten und Glykoside zu zerlegen und das Emulsin, das wir in den Samen der Prunaceen und Pomaceen antreffen, ist imstande eine große Zahl natürlicher und künstlicher Derivate des Traubenzuckers zu hydrolysieren. Da erhebt sich die Frage, ob die Natur diese Fülle von Erscheinungen in jedem Falle durch einen einzigen oder durch ganz wenige Katalysatoren hervorzufufen vermag oder ob sie über einen großen Schatz von solchen verfügt, von dem je nach Bedarf nur dieser oder jener seine Wirksamkeit entfaltet. *E. Fischer*, der die schönsten Beispiele für die Spezifität zucker- und eiweißspaltender Fermente beschrieben hat, sagt (3), daß diese Frage erst entschieden werden könne, wenn es gelingt, die Träger der Wirkungen in reinem Zustande darzustellen. Aber schon die Trennung der einzelnen Wirkungen, die z. B. *R. Willstätter* in Gemeinschaft mit *E. Waldschmidt-Leitz*, *F. C. Memmen* und *A. R. F. Hesse* (4) für die Lipase, die Amylase und das Trypsin des Pankreas durch Anwendung von Sorptionsmitteln gelungen ist, tut die stoffliche Verschiedenheit dieser Fermente kund. Die Aufgabe, näher verwandte Enzyme, wie es z. B. die Carbohydrasen der Hefe zu sein scheinen, mit ähnlichen Methoden voneinander zu sondern, ist dagegen noch ungelöst. In einer Mitteilung, die *R. Willstätter* mit mir (5) vor zwei Jahren veröffentlicht hat, wurde unter anderem versucht, Saccharase und Maltase auf Grund der folgenden Beobachtung zu trennen. Wenn man das Rohrzucker spaltende Enzym an Aluminiumoxydhydrat bindet, so gelingt es durch nachträgliches Behandeln der Tonerde mit Rohrzucker, das Enzym wieder in Lösung zu bringen, während Malzzucker keine Ablösung (Elution) des Enzyms bewirkt. Es hat sich aber

gezeigt, daß die Wirkung des Rohrzuckers keineswegs spezifisch ist. Er vermag auch das maltzuckerspaltende Enzym zu eluieren und umgekehrt wird das maltasehaltige Sorbat von seinem Substrat nicht zerlegt. Es findet zwar reichliche Hydrolyse der Maltose statt, doch bleiben die Maltaseteilchen an der Tonerde verankert.

In solchen Fällen sucht die „Methode der Zeitwertquotienten“ über die Zusammensetzung der Enzympräparate zu entscheiden. Unter der bereits erwähnten Annahme von der Proportionalität von Katalysatormenge und Reaktionsgeschwindigkeit muß nämlich das Verhältnis der Geschwindigkeiten, mit denen ein Enzym den Umsatz von zwei verschiedenen Stoffen bewirkt, unabhängig sein von der Herkunft und dem Reinheitsgrade des Enzymmaterials. Wenn z. B. eine bittere Mandel für die Hydrolyse einer bestimmten Menge β -Phenylglykosid 10mal weniger Zeit benötigt als zur Spaltung der äquivalenten Menge von β -Methylglykosid, dann sollte auch ein Aprikosenkern oder ein aus süßen Mandeln gewonnenes Enzympräparat das aliphatische Glykosid 10mal langsamer angreifen als das aromatische, etwa so wie alle Mineralsäuren den Rohrzucker 1240mal schneller spalten als den Milchsucker. Findet man indes in verschiedenem Ausgangsmaterial ein differierendes Verhältnis der Reaktionsgeschwindigkeiten oder verschiebt sich dieses im Laufe der Reinigungsoperationen, so deutet dies auf die Unabhängigkeit der für jede Reaktion nötigen Katalysatoren, die von der Natur in wechselndem Mengenverhältnis gebildet werden und deren Beständigkeit eine ungleiche ist.

Die Schwankungen der Zeitwertquotienten, die für verschiedene Wirkungen der Hefen und deren Auszüge (6) beobachtet wurden, sind in den letzten zwei Jahren durch eingehende Messungen von Emulsinzeitwerten (7) ergänzt und durch Annahme einer größeren Zahl auffallend spezifisch eingestellter Enzyme gedeutet worden. Der einzige Einwand, der meines Wissens gegen die Berechtigung dieser Schlussfolgerungen erhoben wurde, stammt von *H. v. Euler*, der im II. Teil seiner kürzlich erschienenen 2. Auflage der „Chemie der Enzyme“ in einer Fußnote auf S. 146 zur Verschiedenheit von Maltase und α -Methylglykosidase bemerkt: „Allerdings ist nicht ganz ausgeschlossen, daß Aktivatoren existieren, welche auf das eine oder andere Substrat spezifisch wirken.“

Dieser Erklärungsversuch vermag nur die spezifische Natur der Enzyme selbst zu ersetzen durch die Spezifität der Systeme (Enzym + Aktivator A), (Enzym + Aktivator B); für Substrate von geringerem Strukturunterschiede ist er weniger wahrscheinlich. Die Schwankungen der Zeitwertquotienten sind aber auch erklärbar durch den Einfluß von Begleitstoffen auf das Enzym. Von diesem Gesichtspunkt aus habe ich die spezifische Natur von Saccharase und Raffi-

nase, über die *R. Willstätter* mit mir berichtet hat (6), zum Gegenstand einer erneuten Untersuchung gemacht. Die Verhältnisse scheinen nämlich hier am einfachsten zu liegen. Das Verhältnis der Geschwindigkeiten, mit denen verschiedene Heferassen den *Bohrzucker* und sein β -Galaktosid, die *Raffinose*, angreifen, variiert nicht stark und es erweist sich als konstant, wenn man eine bestimmte Hefe mit den daraus gewonnenen Enzymlösungen und -präparaten vergleicht.

Geht man von der Annahme aus, daß z. B. für die Hydrolyse des *Bohrzuckers* seine Vereinigung mit dem *Invertin* maßgebend ist, dann wird die Geschwindigkeit der Reaktion zunächst von den folgenden Faktoren abhängen: von der Bildungsgeschwindigkeit des Enzym-Zucker-Komplexes, von der Zusammensetzung und von der Konzentration dieser Verbindung und endlich von ihrer Zerfallsgeschwindigkeit. Ich habe mir die Frage vorgelegt, auf welchen dieser Faktoren die

Sørensen und *L. Michaelis* die Abhängigkeit der Enzymwirkungen vom Wasserstoffexponenten, dem p_H , darzustellen gewohnt ist — den Aktivitäts- p_H -Kurven. *L. Michaelis* und *M. L. Menten* (9) haben in einer grundlegenden Untersuchung vor zehn Jahren den Nachweis erbracht, daß die Aktivitäts- p_s -Kurve des *Invertins* mit der Dissoziationsrestkurve einer Säure bzw. Base übereinstimmt. Wir wollen dies zunächst mit *Michaelis* und *Menten* dahin deuten, daß zwischen Enzym und Zucker ein Gleichgewicht besteht, das durch das Massenwirkungsgesetz geregelt wird, und daß die Reaktionsgeschwindigkeiten der Konzentration der undissoziierten *Invertin-Bohrzucker-Verbindung* proportional sind.

$$\frac{[\text{Saccharase}][\text{Rohrzucker}]}{[\text{Saccharase-Rohrzucker}]} = k_s$$

Die Anwendbarkeit des Massenwirkungsgesetzes auf die an manchen hydrophilen Kolloiden sich abspielenden Reaktionen wird durch wichtige Arbeiten von *Wo. Pauli* (10) in Wien und von *J. Loeb* (11) in New York, welche namentlich die Salzbindung von Proteinen untersucht haben, gestützt. Doch scheint die Heranziehung dieses Gesetzes zur Beschreibung enzymatischer Systeme nur mit dem größten Vorbehalte möglich, solange wir das Substräquivalent des Enzyms nicht kennen und für die molare Dispersität desselben keine Anhaltspunkte haben. Ich werde jedoch noch zeigen, daß in gewissen Fällen die Größe von K_s praktisch unabhängig ist vom nephelometrischen bzw. ultramikroskopischen Bilde der *Invertinlösungen*, und ich werde zeigen, wieso dies möglich ist. Für die jetzige Betrachtung ergibt sich daraus, daß wir es beim *Invertin* scheinbar überall mit gleicher Teilchengröße (bzw. molarer Verteilung) zu tun haben, und aus diesem Grunde möge vorerst die Heranziehung des Massenwirkungsgesetzes wenigstens formell berechtigt erscheinen.

Ist nun die Geschwindigkeit, mit der sich das Gleichgewicht zwischen *Saccharase* und *Saccharose* einstellt, von derselben Größenordnung wie die Zerfallsgeschwindigkeit dieser Verbindung, so müßte man durch Konzentrationserhöhung, sei es des Katalysators, sei es des *Bohrzuckers*, auch in den Sättigungsgebieten eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeiten beobachten können, welche eine Abweichung von der theoretischen p_s -Kurve bedingt. Das Experiment zeigt, daß diese Abweichungen nur innerhalb der Versuchsfehler liegen können und daß die Bildung der *Invertin-Bohrzucker-Verbindung* unter den üblichen Versuchsbedingungen entweder außerordentlich schneller verläuft als ihr Zerfall, oder daß umgekehrt die eigentliche Hydrolyse sehr rasch verläuft und daß der vom *Invertin* wegdiffundierende *Invertzucker* die Bildungsgeschwindigkeit bestimmt. Im letzteren Falle wird uns die wahre Dissoziationskonstante der Enzym-Zucker-Verbindung verborgen bleiben.

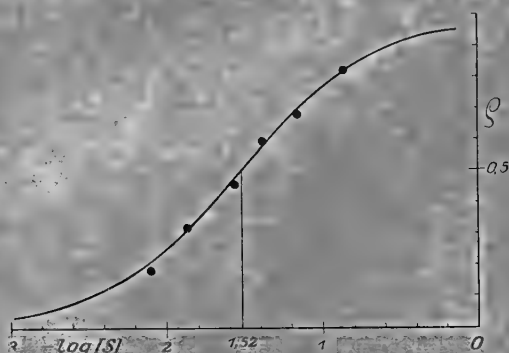


Fig. 1. *Saccharasewirkung* bei wechselnder Zuckerkonzentration. Abszissen: negativ genommene Logarithmen der *Bohrzuckerkonzentration*; Ordinaten: gebildeter *Invertzucker* (willkürlicher Maßstab).

natürlichen Beimengungen des *Hefeinvertins* den entscheidendsten Einfluß ausüben könnten. Für die Reaktionsbeeinflussung enzymatischer Hydrolysen gibt es nämlich einige typische Möglichkeiten, zwischen denen sich durch reaktionskinetische Messungen prinzipiell entscheiden läßt (8).

Betrachtet man den molaren Umsatz, den eine gewisse Enzymmenge in Lösungen von wechselnder *Bohrzuckerkonzentration* in gleichen kurz gewählten Zeiten bewirkt, als Funktion der Konzentration des *Bohrzuckers*, so findet man, daß von 5proz. Lösungen an der pro Zeiteinheit umgesetzte Betrag durch Erhöhung der Zuckerkonzentration nicht mehr gesteigert wird. Für rechnerische Zwecke ist es geeigneter, mit *L. Michaelis* und *M. L. Menten* (9) den molaren Umsatz als Funktion des Logarithmus der reziproken Zuckerkonzentration darzustellen, wie es in Fig. 1 geschehen ist.

Die Abszissen sind also die negativ genommenen Logarithmen der Substratkonzentration. Diese Kurven, die ich Aktivitäts- p_s -Kurven nenne, entsprechen vollkommen denjenigen, in welchen man nach dem Vorgange von *S. P. L.*

Über etwaige Änderungen der Struktur und der Konzentration dieser Verbindung muß man zu entscheiden suchen, indem man die wichtigsten Faktoren, von denen die Reaktionsgeschwindigkeit abhängt, variiert und die mit den verschiedensten Enzymlösungen gewonnenen Ergebnisse miteinander vergleicht. Es hat sich dabei gezeigt, daß keine wesentlich verschiedene Abhängigkeit von der Temperatur und der $[H^+]$ durch die heute abtrennbaren Fremdstoffe bewirkt wird. Unabhängig vom Reinheitsgrade (12), beträgt der Parameter der Saccharase- pH -Kurven in Übereinstimmung mit den Angaben der Literatur $6,6 \pm 0,1$ bei 30° . Denselben Befund haben *H. v. Euler* und *K. Myrbäck* (13) mit ihren nach den Willstätterschen Sorptionsmethoden gereinigten Präparaten aus schwedischer Brauereihefe erhoben. Auch die Schwankungen des Temperaturkoeffizienten, den *R. Willstätter*, *J. Graser* und ich (12) für Invertinlösungen von verschiedener Herkunft und weit differierendem Reinheitsgrade zwischen $15,5$ und 30° bestimmt haben, bewegen sich nur innerhalb der Versuchsfehler.

Ausschlaggebend für die Beziehung der Invertinmengen zu den Inversionsgeschwindigkeiten und damit für die Entscheidung über die Spezifität dieses Enzyms ist die *Berücksichtigung der wechselnden Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeiten von der Zuckerkonzentration, die wechselnde Affinität des Enzyms zu seinem Substrat*.

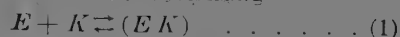
Die Unterschiede der scheinbaren Dissoziationskonstanten der Saccharase-Saccharose-Verbindungen, die sich für Invertinlösungen und -präparate der verschiedensten Herkunft ergaben (14), betragen bis zu 250 % des kleinsten numerischen Wertes. Der mögliche Fehler der einzelnen K_s -Bestimmungen beträgt demgegenüber nicht mehr als $\pm 5\%$. In Tabelle I findet man eine kleine Zusammenstellung solcher Messungen, die mit Saccharaselösungen aus bayerischen, preußischen, dänischen und amerikanischen Brauerei- und Brennereihefen angestellt wurden. In der dritten Kolonne steht das Reziproke von K_s , die Affinitätskonstante, in der vierten derjenige Bruchteil des vorhandenen Enzyms, der unter den Bedingungen der üblichen Zeitwertbestimmung (in 0,1387 n-Lösung) an Zucker gebunden ist. Er schwankt zwischen 89,5 und 77,5 %.

Tabelle I.

Invertin	K_s	A_s	gebundene Saccharase (0_n)
Brennereihefe Rasse XII ..	0,016	63	89,5
Brennereihefe Kopenhagen	0,017	59	89
Amerikanische Brauereihefe	0,020	50	87,5
Münchener Löwenbräuhefe	0,029	35	82,5
Münchener Löwenbräuhefe	0,040	25	77,5

Die einfachste, wenn auch nicht streng richtige

Deutung dieser Verschiedenheiten wäre die folgende: Kommt zum System Saccharase-Rohrzucker noch ein dritter Körper hinzu, welcher einen Teil des freien Enzyms zu binden und dadurch der Vereinigung mit dem Rohrzucker zu entziehen vermag, so muß dadurch die scheinbare Dissoziationskonstante erhöht, ihr reziproker Wert, die Affinität des Enzyms zum Zucker, erniedrigt werden. Entspricht die Beziehung des Enzyms zu diesem Körper K einem Dissoziationsgleichgewicht im Sinne der Gleichung



wobei dem Komplex (EK) keinerlei katalytische Wirkung mehr zukommt, so folgt aus dem Massenwirkungsgesetz, daß die Dissoziationskonstante $K_s \frac{K + K_K}{K}$ mal größer erscheint wird, wenn K die Konzentration des Hemmkörpers und K_K die Dissoziationskonstante des Gleichgewichts (1) bedeutet. Die Extrapolation der Reaktionsgeschwindigkeiten für unendlich hohe Zuckerkonzentration wird in diesem Falle den Vergleich der jeweils vorhandenen Saccharasemengen ermöglichen, weil unter diesen Bedingungen der Hemmkörper mit dem Rohrzucker nicht mehr erfolgreich um die Saccharase konkurrieren kann.

Dank den bahnbrechenden Untersuchungen von *S. P. L. Sörensen*, *L. Michaelis*, *P. Rona* und ihrer Schüler hat man schon vor mehr als zehn Jahren die Bedeutung der *Wasserstoffionenkonzentration* für biologische Vorgänge erkannt und hat in Bezug auf diese stets prozentisch gleiche Teile der maximal möglichen enzymatischen Reaktionsgeschwindigkeiten verglichen. Heute erst lernen wir den in dieser Hinsicht weit entscheidenderen Einfluß der *Substratkonzentration* kennen.

Es erscheint somit als eine der Vorbedingungen für die Proportionalität von Saccharasemenge und Inversionsgeschwindigkeit, daß man die Messungen auf solchen Punkten der Aktivitäts- pH - und der Aktivitäts- p_s -Kurven vornimmt, welche gleiche Ordinaten haben. Dieselbe Näherung läßt sich erreichen, indem man (z. B. für den Vergleich von bayerischem und amerikanischem Invertin) nach einem Vorschlage von *R. Willstätter* und mir (15) die Reaktionskonstanten oder die *Saccharasewerte*, welche ein Maß der Enzymmengen darstellen, auf ein Invertin von der mittleren Affinitätskonstante 50 umrechnet, also

durch Multiplikation derselben mit $\frac{n + K_s}{n + 0,02}$ wenn die Inversion in n -normaler Lösung verfolgt wurde.

Für die Zeitwertquotienten ergibt sich, daß sie bei einem Enzym von wechselnder Zuckeraffinität ebenso differieren können, wie wenn sie mit einer bestimmten Enzymlösung bei verschiedener Normalität der Substrate ermittelt und miteinander verglichen würden. Hierbei ist aber

nur in zwei besonderen Fällen Konstanz des Quotienten zu erwarten:

1. wenn die Dissoziationskonstanten der Enzym-Substrat-Verbindungen übereinstimmen,
2. wenn die scheinbaren Dissoziationskonstanten zwar verschieden, aber so gering sind, daß die gewählte Konzentration der Substrate genügt, um den Einfluß enzymbindender Verunreinigungen unmeßbar klein zu machen, wenn also in bezug auf die Substratkonzentration die maximal mögliche Geschwindigkeit der Hydrolysen praktisch erreicht wird.

Aus einer Untersuchung, die *R. Willstätter*, *H. Sobotka* und ich ausgeführt haben (16), wird hervorgehen, daß diese Bedingungen bei der Spaltung der β -Glykoside des Phenols, des Salicylalkohols und des Salicylaldehyds durch Emulsin nahezu erfüllt sind: Es wird dadurch verständlich, daß *R. Willstätter* und *G. Oppenheimer* (7) an diesem Beispiel noch mit der früheren Methodik zum ersten Male für ein zuckerspaltendes Enzym durch quantitative Messungen wahrscheinlich machen konnten, daß es verschiedene Substrate anzugreifen vermag.

Wie steht es nun mit der Affinität der Raffinase zur Raffinose? Diese Größe läßt sich experimentell nicht mit derselben Genauigkeit ermitteln, die bei der Saccharase möglich war. Die bisherigen Betrachtungen haben sich — wenn ich so sagen darf — auf eine „Enzymchemie verdünnter Lösungen“ bezogen, auf Hydrolysen in wässrigem Milieu, bei denen ein großer Überschuß des Lösungsmittels auch für anorganische Katalysatoren von Bedeutung ist. Die Geschwindigkeit der Trisaccharidspaltung nimmt aber noch in so stark konzentrierten Lösungen zu, wo die maximale Geschwindigkeit der Disaccharidspaltung längst erreicht ist, daß man genötigt ist, einen großen Teil der Aktivitäts- p_s -Kurven zu extrapolieren. Die in Tabelle II angeführten Werte für

$$\frac{[\text{Raffinase}][\text{Raffinose}]}{[\text{Raffinase-Raffinose}]} = K_R$$

sind daher erheblich ungenau. Aber die Differenz zwischen den Brauerei- und den Brennereihafen überschreitet ganz sicher die Versuchsfehler.

Tabelle II.

Invertin	K_R	A_R	Gebundene Raffinase (%)
Berliner Rasse II.....	0,24	4	36,5
„ „ XII.....	0,24	4	36,5
Dänische Brennereihefe ...	0,27	4	34
Münchener Brauereihefe...	0,66	1,5	17,5

In Fig. 2 sind zwei Paare von Aktivitätskurven zusammengestellt. S_D und R_D beziehen sich auf Saccharase- und Raffinasewirkung eines Auszugs aus Kopenhagener Brennereihefe, S_L

und R_L sind die entsprechenden Kurven für eine Invertinlösung aus Löwenbräuhefe. Der experimentell bestimmte Verlauf der Kurven ist ausgezogen, ihr weiterer Verlauf durch Striche angedeutet.

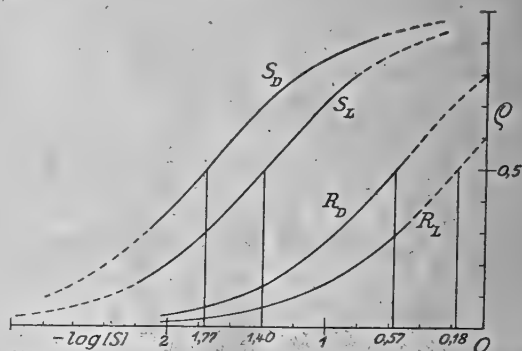


Fig. 2. Relative Affinitäten verschiedener Invertine zu Rohrzucker und Raffinose.

Diese Figur besagt nur, daß Saccharase und Raffinase von den in den Hefeauszügen enthaltenen Stoffen in annähernd gleicher Weise beeinflußt werden. Das ist bei der außerordentlichen Ähnlichkeit, die früher im Verhalten beider Enzyme festgestellt wurde (6) und die *H. v. Euler* (17) mit der von homologen Körpern in der organischen Chemie vergleicht, nicht erstaunlich.

Nimmt man aber noch die in jedem Falle ermittelten Zeitwertquotienten hinzu, setzt man also die Ordinaten der R -Kurven zu denjenigen der S -Kurven ins richtige Verhältnis, wie es z. B. in Fig. 3 geschehen ist, so sieht man das Ergebnis,

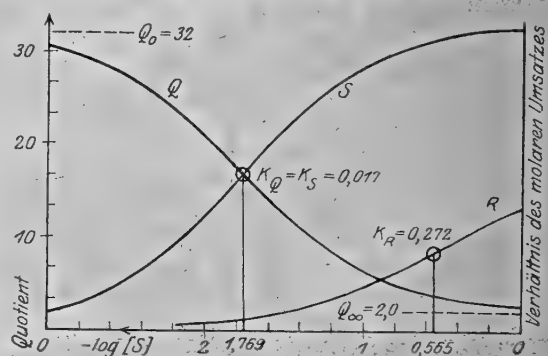


Fig. 3. Abhängigkeit der Zeitwertquotienten von der Zuckerkonzentration.

zu dem meine Untersuchung geführt hat und das aus Tabelle III noch deutlicher abgelesen werden kann:

Tabelle III.

Invertin	Q (0,138 n)	K_S	K_R	$K_R : K_S$	Q_∞
Berliner Rasse II	4,8	0,016	0,24	15	2,0
„ „ XII	5,0	0,016	0,24	15	2,0
Dänische Brennereihefe	5,0	0,017	0,27	16	1,9
Münchener Brauereihefe	8,3	0,040	0,66	17	1,9

Stimmen zwei Enzymlösungen in ihrer Affinität zum Rohrzucker überein, so ist nicht nur ihre Affinität zur Raffinose gleichfalls übereinstimmend, sondern es ist auch das Verhältnis der Hydrolysegeschwindigkeiten von Rohrzucker und Raffinose identisch. Nur bei Verschiedenheit von K_S ist auch K_R verschieden, und nur in diesem Falle differieren die Zeitwertquotienten. Weit innerhalb der Fehlergrenzen erweist sich auch das Verhältnis der scheinbaren Dissoziationskonstanten, der Affinitätsquotient $K_R:K_S$ als konstant. Er beträgt im Mittel aus allen Messungen 16. Und es zeigt sich, daß der für unendlich hohe Zuckerkonzentration extrapolierte Zeitwertquotient Q_∞ , den man als das Verhältnis der Zerfallsgeschwindigkeiten der Saccharase-Saccharose- und der Raffinase-Raffinose-Verbindungen deuten kann, konstant ist und als Mittelwert 1,9 ergibt.

Aus der eingangs erwähnten Annahme von der Anwendbarkeit des Massenwirkungsgesetzes läßt sich der mathematische Beweis erbringen, daß unter diesen Umständen das *molare Verhältnis von Saccharase und Raffinase* ungeachtet der schwankenden Zeitwertquotienten für jede untersuchte Enzymlösung *dasselbe* sein muß, und es scheint mir nicht zu kühn, daraus auf die *Identität* beider Enzyme zu schließen.

Die Ausbildung absolut spezifischer Enzyme in der Natur geht also nicht so weit, als gelegentlich angenommen wurde. Die Enzympräparate, die wir in Händen halten, erscheinen nicht mehr als unentwirrbares Gemisch. Sie sind bedeutend einheitlicher, als wir es lange Zeit gedacht.

Wir erhalten zum ersten Male ein Bild von der „*relativen Spezifität*“ eines Enzyms zu zwei Zuckern: Denken Sie sich die reine Rohrzucker-Invertin- und Raffinose-Invertin-Verbindung in Wasser von 30° zu solcher Konzentration gelöst, daß von den undissoziierten Enzym-Substrat-Verbindungen je 1 Mol im Liter enthalten ist. Dann haben Sie neben dem Trisaccharid $\sqrt[4]{16} = 4$ mal mehr freies Enzym in Lösung, als neben dem Disaccharid und für jedes in Fructose und Melibiose gespaltene Raffinosemolekül werden in der gleichen Zeit etwa zwei Rohrzuckermoleküle in Fructose und Glykose zerfallen.

Der gesetzmäßige Zusammenhang von Saccharase- und Raffinasewirkung erlaubt zum ersten Male enzymatische Reaktionsgeschwindigkeiten im voraus aus anderen zu berechnen, die Bestimmung der Zeitwertquotienten durch Affinitätsmessungen zu ersetzen und umgekehrt aus der Kenntnis eines Quotienten auf die Dissoziationskonstanten der Enzym-Zucker-Verbindungen zu schließen. Solche Berechnungen, von denen ich eine größere Anzahl angestellt habe, haben mit den nachträglich direkt experimentell ermittelten Werten innerhalb der Versuchsfehler übereinstimmt.

Aus der mathematischen Betrachtung der Zeitwertquotienten ergibt sich u. a.: wenn einem

Enzym neben seiner *Hauptwirkung*, worunter ich die Hydrolyse desjenigen Substrates verstehe, zu dem es die größte Affinität besitzt, noch ein oder mehrere *Nebenwirkungen* zukommen, so hat der Wendepunkt der *Quotientenkurven*, durch die die Abhängigkeit der Zeitwertquotienten von der Substratkonzentration dargestellt wird (Q in Fig. 3), immer dieselbe Abszisse wie der Wendepunkt der Haupt- p_s -Kurve. Diese Beziehung wird die vervollständigende Beschreibung der Invertinwirkungen experimentell vereinfachen. Das Invertin der Hefe scheint nämlich außer dem Rohrzucker und der Raffinose noch eine Reihe seltenerer Zuckerarten anzugreifen, wie z. B. die Gentianose der Enzianwurzeln, die aus zwei Molekülen Glykose und einem Molekül Fructose aufgebaut ist, die Stachyose, in der an den Galaktoserest der Raffinose ein zweites Galaktosemolekül herangetreten ist, die Verbascose, den Zucker der Königskecke, und einige andere. Mit Unrecht zählt man aber hierher das Lävulin der Kompositen. Es stellt ein Gemenge von Kohlehydraten dar (18), aus dem ich Rohrzucker in kristallisiertem Zustand abgeschieden habe. Die Behauptung, daß diese Fructoside vom Hefeinvertin gespalten werden können, werde ich heute noch auf andere Weise zu stützen haben.

Man wird mit Recht bezweifeln, ob die Identität von Saccharase und Raffinase das Bild der enzymatischen Erscheinungen wesentlich vereinfacht. Scheint doch die Annahme dieser zwei Enzyme ersetzt worden zu sein durch eine außerordentliche Vielheit von Invertinen.

Ich habe nun den Vergleich des Invertins verschiedener Herkunft ergänzt durch den Vergleich der Affinitäten, den ein bestimmtes Invertin, z. B. das der Löwenbräuhefe, bei wechselndem Reinheitsgrade zum Rohrzucker aufweist und habe gefunden, daß in Übereinstimmung mit der Konstanz des Zeitwertverhältnisses für die Spaltung von Rohrzucker und Raffinose die *Dissoziationskonstante* der Invertin-Rohrzucker-Verbindung von den rohen Autolysaten der Hefe bis zu Präparaten von mehr als 1500facher Konzentration, in denen wir kein Kohlehydrat und keinen Phosphorgehalt mehr nachweisen können, *konstant* bleibt (14).

Die ihrer Zusammensetzung nach bekannten Begleiter des Invertins, die zu den Klassen der Proteine, der Nucleine und Zuckerarten gehören, vermögen also die Affinität des Enzyms zum Rohrzucker nicht zu beeinflussen. Und doch sind die Fermentteilchen mit all diesen Stoffen aufs innigste assoziiert. Diese sind es ja, welche das wechselnde Verhalten des Enzyms gegen Sorptionsmittel, das wechselnde Verhalten im elektrischen Stromfelde, die Fällbarkeit durch Schwermetallsalze, das ultramikroskopische Bild der Lösungen und so viel anderes bedingen (12). Man muß allerdings berücksichtigen, daß die Beobachtung von R. Willstätter und H. Kraut (19) über die Leichtigkeit, mit der diese Asso-

ziationen durch bloßes Verdünnen der Enzymlösungen gelockert werden können, es möglich erscheinen läßt, daß uns der Einfluß der Begleitstoffe nur deshalb entgeht, weil diese Komplexe unter den Bedingungen der Zeitwertbestimmung — bei durchschnittlich 100facher Verdünnung — zerfallen und weil sich die geringe Affinität der Begleitstoffe neben dem ungeheueren Rohrzuckerüberschuß nicht Geltung verschaffen kann. Vor zwei Jahren hat aber *R. Willstätter* mit mir (5) gezeigt, daß es Sorbate gibt, die bei der Einwirkung auf Rohrzucker nicht im geringsten zerlegt werden, z. B. Tonerde-Invertin bei Acetatpufferung. Denselben Befund haben gleichzeitig zwei amerikanische Forscher, *J. M. Nelson* und *D. J. Hitchcock* (20) für Invertin, das sie auf Kohle niedergeschlagen hatten, mitgeteilt, und sie haben unsere Beobachtung bestätigt, daß unter gewissen Bedingungen das an die Oberfläche der Tonerde bzw. Kohle gebundene Enzym quantitativ genau so wirkt wie in wässriger Lösung.

Die zusammenfassende Betrachtung der über das Invertin vorliegenden Beobachtungen hat *R. Willstätter*, *J. Graser* und mich (12) vor einem Jahre zu der Anschauung geführt, daß das Enzym aus einem kolloiden Komplex besteht, dessen aktive Gruppen rein chemisch wirken. Die Konstanz der Rohrzuckeraffinität zeigt nun, daß die natürlichen Verunreinigungen der Invertinlösungen nach Art der Tonerde und der Kohle nur mit dem kolloiden Komplex selbst verankert sein können und daß gewisse in der Wirkungssphäre des kolloiden Trägers sich abspielenden Vorgänge durch räumliche Trennung für die wirksamen Gruppen des Enzyms unbemerkt bleiben. Es ist ein polarer Bau der Fermentteilchen, den uns die Reaktionen des Invertins kundtun. Sie erinnern an andere Erscheinungen der räumlichen Orientierung solcher Gebilde an Phasengrenzflächen, wie sie als erster *J. Langmuir* (21) genauer beschrieben hat. *Langmuir* hat gezeigt, daß bei der Anreicherung einer Fettsäure an der Grenzfläche Wasser-Luft die Moleküle nicht beliebige Lagen einnehmen, sondern daß der „wasserunlösliche Teil des Moleküls“, der Kohlenwasserstoffrest, in die Oberfläche zu liegen kommt und daß die wasserlöslichen Carboxylgruppen ins Innere der Flüssigkeit gerichtet sind. Er konnte den von jedem Molekül eingenommenen Betrag der Oberfläche berechnen, der sich z. B. bei Glyceriden als dreimal so groß erwies als bei der entsprechenden Fettsäure.

Wenn beim Invertin-Tonerde-Sorbat die wirksamen Gruppen des Enzyms ins Innere der Flüssigkeit tendieren, so scheinen sie in gewissen Schwermetallsalzfällungen umgekehrt die Verankerung des Enzyms zu bewirken. Ich glaube, daß das Bild, das ich eben vom Bau der Invertinteilchen entworfen habe, von den Versuchen *Langmuirs* eine Brücke schlägt zu jenem Reich der Erscheinungen, wo die durch getrennte Ausbildung chemischer Gruppen bedingte verschieden-

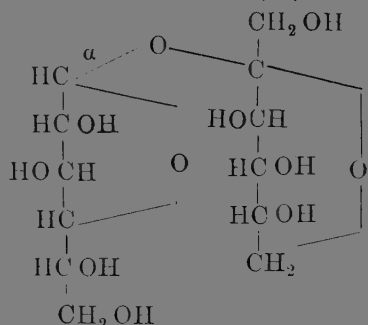
artige Orientierungsmöglichkeit der Moleküle für unser Leben die allergrößte Bedeutung erlangt. Ich meine damit die Immunochemie, die Vorstellungen über haptophore und toxophore Gruppen, über die Beziehung der Toxine zu ihren Antikörpern, wie sie *P. Ehrlich* (22) entwickelt hat.

Ich komme auf die Frage nach der Identität der Invertine, die wir in verschiedenen Heferassen antreffen, zurück, auf die wichtige Frage, ob einem Enzym überhaupt eine charakteristische und konstante Affinität zu seinem Substrat zukommt, ob sich die Verschiedenheiten der Aktivitäts- p^s -Kurven durch wechselnde Mengen von Fremdkörpern erklären lassen. Es hat sich gezeigt (14), daß diese Verschiedenheiten durch kochbeständige Begleiter des Enzyms hervorgerufen werden, die ihm in ihrer chemischen Eigenart verwandt sein mögen und für deren Abtrennung es bis heute noch keine Möglichkeit gibt. Es gelingt nämlich durch Zusatz gekochter Invertinlösungen zu einem wirksamen Invertin von hoher Affinität dieselbe herabzudrücken. Eine Erhöhung der Affinität (z. B. durch Vermischen einer Invertinlösung mit einem Kochsaft, in dem das Enzym vor dem Erhitzen eine doppelt so große Affinität zum Rohrzucker besaß) wurde nicht beobachtet. Beim Arbeiten mit großem Überschuß an Kochsäften gelingt es, alle hochaffinen Invertinlösungen auf gleich niedrige Affinität zu bringen, welche 30 ± 2 beträgt. Im übereinstimmenden Milieu der Begleitstoffe erweist sich somit die Affinität zum Rohrzucker als die gleiche, und es scheinen demnach die rohrzuckerspaltenden Enzyme der verschiedenen Kulturhefen, die ich untersucht habe, identisch zu sein. Zugleich geht daraus hervor, daß die frühere Annahme über die Beziehung des Enzyms zu den Hemmungskörpern nicht streng richtig sein kann und daß der Prozeß (1) wenigstens teilweise auch irreversibel verläuft. Die Assoziation mit dem Körper *K* führt nicht zu einem katalytisch unwirksamen Komplex (*EK*), wohl aber zu einem solchen von geänderter Reaktionsfähigkeit. Die scheinbare Affinität des Enzyms zu einem Trisaccharid wird nun durch diese Assoziationen stärker erniedrigt als die zu einem Disaccharid, die letztere wiederum stärker als die zu den Hexosen. Es ist daher zu erwarten, daß die Verschiedenheit der Affinität zum Rohrzucker, zu deren Ermittlung ausschließlich die Anfangsgeschwindigkeiten der Inversion verfolgt wurden, auch im zeitlichen Verlauf, in der Kinetik, eines einzelnen Versuches sich ausdrücken wird. Je geringer die Affinität zur Saccharose ist, um so stärker wird die hemmende Wirkung der Spaltprodukte zur Geltung kommen, um so flacher wird die Kinetik sein. Dies ist durch die Versuche vollauf bestätigt worden. Die Unzahl von Widersprüchen, die sich in der Literatur über den zeitlichen Verlauf der enzymatischen Rohrzuckerhydrolyse finden, und die *R. Willstätter*, *J. Graser* und ich bei Untersuchung der reinsten Invertinlösungen nicht auf

Verunreinigungen zurückführen konnten, findet damit ihre Erklärung.

Nicht alle rohrzuckerspaltenden Enzyme vermögen auch die Raffinose zu hydrolysieren. Dies gilt z. B. nach *E. Fischer* und *W. Niebel* (23) für die Saccharase des Dünndarms und *E. Fischer* zog daraus den Schluß, daß dieses Invertin mit demjenigen der Hefe nicht identisch sei. In der Tat scheint die Ursache hierfür in der Verschiedenheit der Mechanismen zu liegen, deren sich das tierische und pflanzliche Enzym beim Abbau des Rohrzuckers bedienen.

Betrachtet man das Formelbild, das *W. N. Haworth* und *W. H. Linell* (24) für den Rohr-



zucker entworfen haben, so kann die Hydrolyse auf eine der folgenden Arten eingeleitet werden.

1. Das Enzym vereinigt sich mit dem Glykoserest; die glykosidische Verknüpfung mit der Fructose geht dadurch oder aus einer anderen Ursache auseinander.
2. Es tritt analog Bindung des Fruchtzuckerrestes ein.
3. Eine Reaktion zwischen dem Enzym und der ätherartigen Sauerstoffbrücke zwischen den Hexosen stellt die notwendige und hinreichende Bedingung des Zerfalls dar.
4. Mehrere der genannten Reaktionen spielen sich gleichzeitig ab.

Die Versuche, auf die ich jetzt zu sprechen komme, zeigen, daß nur eine einzige von diesen Möglichkeiten für das Invertin der Hefe in Betracht kommt.

Zur experimentellen Entscheidung dieser Frage ist die Messung der Affinitäten des Enzyms zu denjenigen Formen von Glykose und Fructose nötig, die im Rohrzucker vorliegen. Weil aber die Monosaccharide vom Invertin in keinerlei Weise verändert werden, kann dies nur auf indirektem Wege geschehen. Nach dem Vorgange von *L. Michaelis* und *M. L. Menten* (9) wurde die verlangsamende Wirkung bestimmt, welche die Spaltprodukte auf die Inversionsgeschwindigkeit ausüben. Je größer ihre Affinität ist, um so mehr freies Enzym wird der Vereinigung mit dem Rohrzucker entzogen werden, um so geringer wird die Reaktionsgeschwindigkeit sein. Von der quantitativen Seite dieser Verhältnisse ist hervorzuheben, daß für den Fall, daß z. B. die Glykose mit dem Rohrzucker um das freie Enzym konkurriert, ein konstanter Gehalt

an Gleichgewichtsglykose eine Parallelverschiebung der Aktivitäts- p_s -Kurve nach rechts bewirken muß und daß dem tatsächlich so ist. Diese Feststellung ist wichtig, weil nach einer Untersuchung von *L. Michaelis* und *H. Pechstein* (25), deren Ergebnis ich gleichfalls bestätigen kann, die hemmende Wirkung des Glycerins auf andere Weise zustandekommt. Das Glycerin setzt nicht die Konzentration, wohl aber die Zerfallsgeschwindigkeit der Invertin-Zucker-Verbindung herab. Die Ordinaten der p_s -Kurven werden alle in demselben Maße verkleinert, die Kurven bleiben affin.

Die Angaben der Literatur über den Einfluß des Traubenzuckers auf die Invertinwirkung sind widersprechend. *V. Henri*, *H. P. Barendrecht*, *L. Michaelis* und andere Forscher haben eine starke Verzögerung gefunden, *E. F. Armstrong* dagegen keine.

Die Ursache dieser Widersprüche habe ich in der Nichtbeachtung der Mutarotation der Hexosen erkannt: α -Glykose, also eine frisch bereitete Lösung des gewöhnlichen Traubenzuckers, kommt die Invertinwirkung nicht im geringsten während die niedrigdrehende β -Modifikation, die man am besten nach *R. Behrend* durch Kristallisation des gewöhnlichen Zuckers aus Pyridin bereitet, eine starke Verlangsamung bewirkt (26). Bei der Raffinosespaltung findet man genau dieselbe Erscheinung, nur daß sich wegen der geringeren Affinität des Invertins zum Trisaccharid derselbe β -Glykose-Zusatz ganz bedeutend stärker bemerkbar macht. Bei den durch *Emulsin* bewirkten Spaltungen von Salicin und Helicin laßt sich gezeigt, daß die betreffenden Enzyme nur zu derjenigen Modifikation der Glykose eine meßbare Affinität zeigen, auf deren Derivate sich ihre hydrolytische Wirksamkeit beschränkt. Auch hier vermag nur die β -Glykose zu hemmen. Ich könnte noch manche Beobachtungen über die Hydrolyse des Milchzuckers, des Malzzuckers und anderer Glykoside aufzählen, um dem hervorzuheben, daß bei biochemischen Untersuchungen die Anwendung leicht isomerisierbarer Stoffe, wie mutarotierender Zuckerarten, nicht ohne genaue Angabe über die Darstellungsweise der Lösungen und den Zeitpunkt ihrer Verwendung erfolgen sollte.

Nicht wenige Angaben der Enzymliteratur erscheinen heute wegen Unkenntnis dieser Fehlerquelle wertlos. Zahlreich sind aber auch die Widersprüche, die sich klären lassen. Ja man sieht die Handgriffe, die vor Jahrzehnten in den verschiedensten Laboratorien ausgeführt wurden: Ich sehe, wie *E. F. Armstrong* in London die Zucker vielfach frisch abwägt, um kurz darauf das Enzym hinzuzufügen, ich sehe, zu welchen Versuchen *Barendrecht* in Delft frisch bereitete Glykoselösungen verwendet, ich weiß, daß *Michaelis* in Berlin immer mit lange zuvor oder in der Hitze bereiteten Lösungen gearbeitet hat.

Über den Rahmen der Versuche hinaus die

wir heute mit Enzymen im Meßkolben anstellen können, verspricht die Erkenntnis des vollkommenen verschiedenen Verhaltens der α - und β -Formen von Glykose, Galaktose usw., das hier zum ersten Male mit Sicherheit erwiesen wurde, für die Physiologie des Kohlehydratstoffwechsels von Nutzen zu werden. *H. J. Hamburger* (27) hat Versuche angestellt über die Permeabilität der Glomerulusmembran der Froschniere, die er mit *Ringerlösung*, der verschiedene Kohlehydrate zugesetzt waren, durchspülte. Er hat gefunden, daß gewisse Zucker, wie d-Galaktose, *partiell* zurückgehalten werden, und er hat dies durch Annahme eines verschiedenen Verhaltens der α - und β -Modifikation zu erklären versucht. Einen direkten Beweis dafür konnte *Hamburger* noch nicht beibringen: Wir wissen nicht, ob es die α - oder β -Form ist, die durchgelassen wird, aber seine Schlußfolgerungen dürften durch meine Versuche an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Man sieht zugleich, daß allein die optische Verschiedenheit des Blutzuckers, die *L. B. Winter* und *W. Smith* (28) beim normalen Menschen und beim Diabetiker vor kurzem festgestellt haben, für das Verständnis des differierenden Verhaltens im Organismus ausreicht.

Vom Rohrzucker wissen wir nun aus Untersuchungen von *E. F. Armstrong* (29) und von *C. S. Hudson* (30), daß die in ihm enthaltene Glykose die α -Glykose ist. Zu dieser Form des Traubenzuckers und auch zu deren Derivaten, den α -Glykosiden, besitzt aber das Invertin der Hefe keine Affinität. Die hohe Affinität zum Fruchtzucker, von dem leider nur die butylen-oxydischen Formen untersucht werden konnten, zeigt, daß *nur der Fructoserest für den Angriff des Hefeinvertins in Betracht kommt*. Es wird begreiflich, daß dieses Enzym auch die früher aufgezählten Fructoside zu spalten vermag, die sich vom Rohrzucker durch Veränderungen, die ausschließlich den Glykoserest betreffen, ableiten.

Wenn tierisches Invertin ohne Wirkung auf diese Fructoside ist, so halte ich es für wahrscheinlich, daß für dieses Enzym auch der Glykoserest, wenn nicht ausschließlich, so doch ausschlaggebend als Angriffspunkt in Betracht kommt, daß die Saccharase des Dünndarms eine „Glyko-Saccharase“ ist. Infolge der geringen Wirksamkeit der Darmsaccharasepräparate konnte ich aber diese Vermutung durch das Verhalten zu den sich schnell umlagernden Zuckern noch nicht prüfen.

Aber ich kann von einem anderen Ferment berichten, das den Rohrzucker von der Glykoseseite her angreift. Das ist die *Saccharase* aus *Aspergillus oryzae*, einem Pilz, der in Ostasien weit verbreitet ist und den Japanern zur Bereitung eines alkoholischen Getränkes, Saké genannt, dient. Die aus dem Pilz gewonnenen Enzympräparate nennt man nach ihrer Hauptwirkung Takadiastase. Ein solches Präparat haben mir Herr Geheimrat *C. J. Lintner* und

Herr Prof. *H. Lüers* in freundlichster Weise überlassen und ich erlaube mir, beiden Herren für ihr großes Entgegenkommen nochmals bestens zu danken. Die Saccharasewirkung des Takaenzyms ist mit und ohne Zusatz von Fructose genau gleich. Und ebenfalls im Gegensatz zum Invertin der Hefe bewirkt β -Glykose keine Verlangsamung. Aber diejenige Form des Traubenzuckers, die im Rohrzucker enthalten ist, die α -Glykose, setzt die Inversionsgeschwindigkeiten auf ganz geringe Bruchteile herab (31).

	Hefe-Saccharase	Taka-Saccharase
α -Glykose . . .	hemmt nicht	hemmt stark
β -Glykose . . .	hemmt	hemmt nicht
Fructose . . .	hemmt	hemmt nicht

Wir haben noch die Frage zu beantworten, ob die Bindung des Hefeinvertins an den Fructoserest des Rohrzuckers nicht nur notwendig, sondern auch hinreichend ist für den Eintritt des Zerfalls. Wir kommen damit auf die Bedeutung der Wasserstoffionen für die enzymatischen Hydrolysen zu sprechen.

L. Michaelis hat die Abhängigkeit der enzymatischen Reaktionsgeschwindigkeiten von der Acidität zu erklären versucht durch seine *Theorie der elektrolytischen Dissoziation der Fermente*. Er nahm an, daß die Enzyme Elektrolyte seien, also Säuren, Basen oder auch Ampholyte, und daß die Wirksamkeit entweder nur den Kationen, den Anionen oder den undissoziierten Molekülen zukommt. Im Falle des Invertins hat er diese Auffassung vor drei Jahren aufgegeben, um die Säurenatur der Invertin-Rohrzucker-Verbindung zuzuschreiben. Er hat nämlich gemeinsam mit *M. Rothstein* (32) beobachtet, daß die Abhängigkeit der Inversionsgeschwindigkeiten vom p_H ungeändert bleibt, wenn man die Zuckerkonzentration, bei der die Versuche ausgeführt werden, variiert. Dies war aber mit den Folgerungen seiner früheren Annahmen (33) nicht in Einklang zu bringen. Den Parameter der Aktivitäts- p_H -Kurve hat er daraufhin als Dissoziationskonstante der Saccharase-Saccharose-Säure gedeutet. Diese Deutung scheint jedoch bei näherer Prüfung ebenso unhaltbar wie die frühere. Wenn *H. v. Euler* sagt (34), daß die Vorstellung von *Michaelis* zwar nicht die einzig mögliche sei, daß aber keine Tatsache bekannt ist, die gegen sie spricht, so glaube ich, daß zwei Tatsachen, die zur Prüfung dieser Hypothese herangezogen werden können, gegen sie sprechen. Denn sie vermag wohl die Gestalt, nicht aber die Eigenschaften der p_H -Kurve zu erklären. Ich kann hier auf die mathematische Beweisführung nicht eingehen, sondern nur die Experimente den Folgerungen der Theorie entgegenhalten.

1. Die Parameter der in 0,2 und in 0,02 n Rohrzuckerlösung bestimmten p_H -Kurven müßten um etwa 0,3 p_H -Einheiten differieren. Das ist,

wie Michaelis und Rothstein selbst gezeigt haben, nicht der Fall. Die Kurven stimmen innerhalb der Versuchsfehler, die höchstens $\frac{1}{2}$ des zu erwartenden Effektes betragen, überein.

2. Die Aktivitäts- p_s -Kurve müßte sich beim Übergang von optimaler Acidität auf ein $p_H = 6,8$ um 0,3 Abszisseneinheiten verschieben. Ich fand jedoch, daß der Parameter der Kurven innerhalb der Versuchsfehler von $\pm 0,03$ Einheiten konstant bleibt.

Die Invarianz der p_H -Kurve bei Wechsel der Zuckerkonzentration und die Invarianz der p_s -Kurve bei wechselnder Acidität wird jeder Deutungsversuch der p_H -Kurven zu berücksichtigen haben. Nach Versuchen, zu denen ich Herrn Dr. H. Sobotka veranlaßt habe, stehen die am System Invertin-Rohrzucker gemachten Beobachtungen nicht mehr vereinzelt da. Die von der Michaelis-Rothsteinschen Theorie geforderte Verschiebung der p_s -Kurven konnte auch am System β -Glykosidase-Salicin nicht beobachtet werden.

Ich glaube daher, daß es prinzipiell nicht richtig ist, die p_H -Kurven als einfache Dissoziationskurven zu deuten, daß auch die p_s -Kurven über die wahren Dissoziationskonstanten der Enzym-Zucker-Verbindungen keinen Aufschluß geben und daß neben den elektrochemischen Eigenschaften von Enzym und Substrat auch der zeitliche Verlauf der Bildung der Reaktionszwischenprodukte, die Wegdiffusion der Spaltprodukte von den Enzymteilchen, vielleicht auch ein mit der Acidität wechselnder Hydrationszustand des Zuckers am Enzym, dessen Bedeutung für die nichtenzymatische Hydrolyse des Rohrzuckers aus den Untersuchungen englischer und amerikanischer Forscher (35) hervorgeht, für das Zustandekommen der p_H -Kurven von Bedeutung sein wird. Die Übereinstimmung der Wasserstoffionenkonzentrationen, bei denen einige Enzyme wie Saccharase (36) und Diastase (37) gegen Hitze am beständigsten sind, mit jenen, bei denen sie ihre maximale Wirksamkeit entfalten, legt die Vermutung eines inneren Zusammenhanges nahe. In jedem Falle wird es die Berücksichtigung der heterogenen Natur der Systeme, in denen die enzymatischen Hydrolysen vor sich gehen, die Betrachtung der am einzelnen Fermentteilchen sich abspielenden Vorgänge sein, die zu neuer Erkenntnis führt.

Aber schon heute deutet der nur äußerst geringe Einfluß der Acidität auf das scheinbare Enzym-Substrat-Gleichgewicht sowohl bei der Fructosaccharase der Hefe wie bei der β -Glykosidase des Emulsins darauf hin, daß nicht ihre Vereinigung mit den Zuckern für deren Zerfall ausreicht, daß vielmehr das Wesentliche auch bei der enzymatischen Hydrolyse von den Wasserstoffionen geleistet wird. Enzym und H^+ -Ion müssen gleichzeitig und darum an verschiedenen Stellen des Substratmoleküls angreifen. Wenn wir gesehen haben, daß die Vereinigung mit dem Enzym im Falle des Rohrzuckers bald am Glykose-, bald am Fructoserest eintritt, so dürfte für den An-

griffspunkt der H -Ionen die basische Natur ätherartig gebundener Sauerstoffatome bestimmend sein. Das Problem der enzymatischen Hydrolysen erscheint inniger als bisher verknüpft mit dem der reinen H -Ionen-Katalyse, für deren Verständnis mir die von H. v. Euler (38) entwickelten Vorstellungen vorläufig am wertvollsten erscheinen. Ich möchte deshalb zum Schluß darauf hinweisen, wie nahe das Verhältnis der Geschwindigkeiten, mit denen zwei Zucker von Enzymen und Säuren angegriffen werden, übereinstimmt. Es muß aber ausdrücklich betont werden, daß eine strenge Proportionalität der Werte theoretisch durchaus nicht zu erwarten ist. Aber man sieht, daß die spezifische Natur des Invertins durch sein auswählendes Bindungsvermögen allein verstanden werden kann:

Für die Zerfallsgeschwindigkeiten der Invertin-Raffinose- und der Invertin-Saccharose-Verbindungen läßt sich als Verhältnis $1:2 \pm 1$ angeben (14). Unter der Annahme, daß die basischen Dissoziationskonstanten des Di- und Trisaccharids in demselben Verhältnis stehen wie ihre von L. Michaelis (39) bestimmten Säuredissoziationskonstanten, findet man aus den Angaben von H. E. Armstrong und W. H. Glover (40) für die Mineralsäurespaltung das Verhältnis $1:1,6$. Aber die üblichen Zeitwertbestimmungen ergeben nicht das Verhältnis $1:2$, sondern $1:5$ bis $1:10$ (6). Es geht daraus hervor, wie entscheidend auch für solche Fragen die Berücksichtigung der weit differierenden Affinitäten ist, die ein Enzym zu zwei verschiedenen Substraten aufweisen kann.

Die kohlehydrat- und glykosidspaltenden Fermente erscheinen als Katalysatoren infolge der größeren Empfindlichkeit, die den Enzym-Zucker-Verbindungen im Vergleich mit den Zuckern selbst, den Wasserstoffionen gegenüber zukommt. Die Ursache hiervon mag die Verstärkung der basischen Natur der ätherartig gebundenen Sauerstoffatome sein, die mit der Bindung des Enzyms im Zuckermolekül erfolgt. Die Natur jener Gruppen kennen zu lernen, mit denen die Enzyme bald von hier, bald von dort den Zucker angreifen und dies bewirken, das ist das lockendste Ziel der Enzymchemie!

Literatur:

1. R. Willstätter, B. 55, 3601 [1922]; 2. A. 416, 21 [1917/18]; 3. B. 28, 1429 [1895], und zwar S. 1438; 4. R. Willstätter, E. Waldschmidt-Leitz und F. Memmen, H. 125, 93 [1922/23]; R. Willstätter und E. Waldschmidt-Leitz, H. 125, 132 [1922/23]; R. Willstätter, E. Waldschmidt-Leitz und A. R. F. Hesse, H. 126, 143 [1922/23]; 5. H. 116, 53 [1921]; 6. R. Willstätter und W. Steibelt, H. 115, 199 [1921]; R. Willstätter und R. Kuhn, H. 115, 180 [1921]; 7. R. Willstätter und W. Csányi, H. 117, 172 [1921]; R. Willstätter und G. Oppenheimer, H. 121, 183 [1922]; 8. R. Kuhn, H. 125, 1 [1922/23]; 9. Bio. Zs. 49, 333 [1913]; 10. vgl. z. B. diese Zs. 8, 911 [1920].
11. Proteins and the theory of colloidal behaviour, New York 1922; 12. R. Willstätter, J. Graser und R. Kuhn, H. 123, 1 [1922]; 13. H. 120, 61

- [1922]; 14. *R. Kuhn*, H. 125, 28 [1922/23]; 15. B. 56, 509 [1922/23]; 16. H., im Druck; 17. Chemie der Enzyme, II. Aufl., II. Teil, 1. Abschn., S. 205 (München und Wiesbaden 1922); 18. *Ch. Tanret*, C. r. 117, 50 [1893]; 19. in *R. Willstätter* und *W. Wassermann*, H. 123, 181 [1922]; 20. Journ. Am. Chem. Soc. 43, 1956 [1921]; 21. Am. Soc. 38, 2221 [1916] und 39, 1848 [1917]; 22. Beiträge zur experimentellen Pathologie und Chemotherapie, Leipzig 1909; 23. Sitzungsber. d. preuß. Akad. 1896, 73; 24. Soc. 123, 294 [1922/23]; 25. Bio. Zs. 60, 79 [1914]; 26. *R. Kuhn*, H. 127, 234 [1923]; 27. Klin. Wochenschr. 1, 418 [1922]; 28. Journ. of Physiol. 57, 100 [1922]; 29. Soc. 33, 1305 [1903]; 30. Am. Soc. 31, 655 [1909]; 31. *R. Kuhn*, H., im Druck; 32. Bio. Zs. 110, 217 [1920]; 33. *L. Michaelis*, Bio. Zs. 60, 91 [1914]; 34. B. 55, 3583 [1922] und zwar S. 3590; 35. vgl. z. B. *W. C. Mc. Lewis*, Soc. 105 bis 123 [1914 bis 1923]; 36. *H. v. Euler* und *J. Laurin*, H. 108, 64 [1919]; 37. *H. Lüers* und *W. Wasmund*, Fermt. 5, 169 [1921/22] und zwar S. 211; 38. Ph. C. 36, 405, 641 [1901]; B. 33, 3202 [1900]; *H. v. Euler* und *E. Rudberg*, Zs. anorg. Ch. 127, 244 [1922/23]; 39. B. 46, 3683 [1913]; *L. Michaelis* und *P. Rona*, Bio. Zs. 49, 232 [1913]; 40. Proc. Roy. Soc., Ser. B. 80, 312 [1918].

Lichtsinn und Blumenbesuch des Taubenschwanzes (*Macroglossum stellatarum*)¹⁾.

Knoll läßt seinen schönen Mitteilungen über das blütenbiologische Verhalten des Wollschwebers (ebenda, I, II) ungewöhnlich ausführliche und bedeutsame Schilderungen des Taubenschwanzes folgen. Von dem genauen Studium des Tieres und seiner Gewohnheiten in der freien Natur ging der Verfasser zu höchst sinnreichen Versuchen über, die ihm die eingangs gestellten Fragen, wie der Falter zu den Blüten hingelenkt wird, wie sich seine einigmaßen deutliche Blütenstetigkeit erklärt und welchen Nutzen er als Blütenbestäuber stiftet, zu lösen gestatten. — Im Freien sieht man den Falter dreierlei Flüge ausführen, die *Hellflüge*, die *Dunkelflüge* und die *Eiablageflüge*. Man kann ohne weiteres am Verhalten des Tieres unterscheiden, um welche Flugart es sich gerade handelt. Nur beim *Hellflug*, der der Nahrungsaufnahme dient, wird der Rüssel bei Annäherung an geeignete Objekte (Blüten oder blütenähnliches) ausgestreckt; die Beine dagegen bleiben stets in Ruhe, da der Falter vor der Blüte frei schwebend saugt. Bei Sättigung, bei Herannahen der Dunkelheit oder des Winters führt der Schmetterling *Dunkelflüge* aus, d. h. er fliegt die dunkelsten Stellen seiner Umgebung an, um sich, falls sie dazu geeignet sind, darauf niederzusetzen und einzuschlafen. Bei Annäherung an das dunkle Objekt werden daher niemals die Rüssel ausgestreckt, oft aber die Vorderbeine abgespreizt. Die *Eierlegeflüge* endlich führen das legerife Weibchen zu den grünen Teilen der Raupenfutterpflanze *Galium*, an denen es sich mit den Füßen anklammert und die Eier befestigt. So ist es bei einiger Aufmerksamkeit unmöglich, die *Hell*-, die *Dunkel*- und die *Eiablage*stimmung miteinander zu verwechseln. Die Falter fliegen nur im Hellen, im Dunkel verfallen sie stets sogleich in Schlaf. So tat *Veri.* ins Zimmer geflogene Taubenschwänze einzeln in streichholzschachtelartige Behälter, in denen sie solange ruhig schliefen, bis sie gebraucht wurden.

Die erste Versuchsgruppe beschäftigte sich ausschließlich mit Faltern im Stadium des *Dunkeltriebes*, am besten mit Herbstaltern, die überhaupt keine Nahrung mehr zu sich nehmen. Man läßt sie im Zimmer fliegen, wo ihnen vielerlei dunkle Objekte dargeboten werden. Das Dunkeltier fliegt gegen das eine und das andere, bald bildet sich eine Art Reihenfolge aus, und man kann die Tiere z. B. durch eine Anzahl von schwarzen, auf einen Faden in Zwischenräumen aufgereihten Kugeln, die nacheinander angefliegen werden,

quer durch das Zimmer locken. Kennt man die Bahn des gerade benützten Dunkeltieres, so wird ihm das Untersuchungsobjekt im engeren Sinne in den Weg gestellt, z. B. zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kugeln der Reihe; und man kann ziemlich sicher sein, daß es von dem einen Ruheplatz suchenden Tiere beachtet wird. So ergab sich, daß Flächen von möglichst geringer Helligkeit und bestimmter Ausdehnung, am besten schwarze Papierscheibchen von etwa 20 mm Durchmesser am häufigsten besucht werden. Wurden auf dem grauen Grunde ein schwarzes (oder dunkelgraues) Scheibchen und ein ebensolches, das mitten auf ein etwas größeres weißes Scheibchen aufgeklebt war, dargeboten, so daß zwei gleiche Scheibchen, das eine auf grauem, das andere auf weißem Grunde sich gegenüberstanden, so erhielt das Scheibchen auf Grau 9 (7), das auf Weiß 61 (105) Besuche. Größere schwarze Flächen auf hellem Grunde wurden vorzugsweise am Rande befliegen. So zeigt sich, daß an Helles angrenzendes Dunkel dem Dunkeltier dunkler erscheint, als dasselbe an Dunkles grenzende Dunkel, m. a. W. es besteht, wie beim Menschen, simultaner Helligkeitskontrast. — Weiterhin bot *Veri.* den Dunkelfaltern Scheibchen aus den bekannten Heringischen Farbpapieren dar, deren Farbton, Helligkeit und Sättigung spektrophotometrisch bestimmt wurden. Bekanntlich stimmt nach *v. Hefß* der Helligkeitssinn aller Wirbellosen und der Fische mit dem des von Geburt total farbenblinden bzw. mit dem des an sich farbenblütigen, aber dunkeladaptierten Menschen, im Zustande des Dämmerungsschens, vollkommen überein, d. h. die relativen Helligkeitswerte der Spektralfarben sind für die genannten Tiere dieselben wie für den dämmerungsschenden Menschen. Nach *Hering* und eigenen Beobachtungen ist nun für den dämmerungsschenden Menschen die farblose Helligkeit des Blau 12 der Heringischen Papierserie etwas größer als die des Gelb 4; bei Tagessehen dagegen erscheint umgekehrt das jetzt gelblich gezeichnete Papier 4 wesentlich heller als das blaufarbige 12. Wurden nun ein gelbes und ein blaues Scheibchen aus den Papieren 4 und 12 ausgeschnitten und nebeneinander auf eine graue Unterlage geklebt, so erfolgten 128 Anflüge auf das Blau, kein einziger auf das Gelb. Gelbe Scheibchen auf blauem Grunde veranlaßten die Tiere im Bogen um das Gelbscheibchen herumzufliegen oder sich auf den blauen Grund zu setzen. Sahen sie sich aber blauen Scheibchen auf gelbem Grunde gegenüber, so flogen sie geradewegs auf die Blauscheibchen los und setzten sich auf ihnen nieder. Demnach erscheint den Dunkeltieren das Blau wesentlich dunkler als das Gelb, sie verhalten sich nicht, wie *v. Hefß* es will, wie der

¹⁾ *F. Knoll*, Abhandl. d. zool.-botan. Ges., Wien. Bd. 12, Heft 2, S. 123—377. 1922.

dämmerungssehende totalfarbenblinde, sondern wie der tagessehende farhentüchtige Mensch. Eine etwaige Störung des Versuchsergebnisses durch die Fähigkeit des Blaupapieres, besonders viel ultraviolette Licht zurückzuwerfen, konnte ausgeschlossen werden: Der Versuch verläuft bei künstlichem Lichte, dem durch Vorschalten einer Chininsulfatlösung alle ultravioletten Strahlen weggenommen sind, ganz genau so. Weiterhin ließen sich mittels dieser Methode ganze Helligkeitsreihen für den Falter aufstellen, von denen hier ein Beispiel, verglichen mit den Helligkeitsreihen für den tages- und den dämmerungssehenden Menschen, wiedergegeben sei:

1. *Macroglossum* (Dunkeltrieb):

Weiß > Gelb 4 > Grau I > Grau II > Blau 13 > Schwarz

2. Mensch tagessehend, farhentüchtig:

Weiß > Gelb 4 > Grau I > Grau II > Blau 13 > Schwarz
(100) (79) (63) (33) (16) (0)

3. Mensch dämmerungssehend, total farbenblind:

Weiß > Grau I > Blau 13 > Grau II > Gelb 4 > Schwarz
(100) (63) (35) (33) (26) (0)

Auf den Taubenschwanz wirken also Gelb und Blau, ihrer Helligkeit nach, so wie auf den tagessehenden, farhentüchtigen Menschen, nicht wie *v. Heß* es will, so wie auf den totalfarbenblinden, dämmerungssehenden Menschen. Rot und Rotgelb dagegen erscheinen dem Falter sehr dunkel, so wie auch dem totalfarbenblinden Menschen, so daß in diesem und nur in diesem Punkte Übereinstimmung zwischen *v. Heß* einerseits, *v. Frisch* und *Knoll* andererseits besteht. Auch mit den farbigen Papieren ließ sich der simultane Helligkeitskontrast nachweisen. — In *Kühns* Ausdrucksweise der tierischen Orientierungsbewegungen ist der Dunkelflug als telotaktische Reaktion anzusprechen: Das Tier fixiert das dunkle Objekt und fliegt geradewegs auf es zu. Geruchswahrnehmungen spielen hierbei keine Rolle; so macht es keinen Unterschied, ob die Anflugobjekte frei oder verglast waren. Vielmehr erfolgte die Orientierung rein optisch.

Die zweite Versuchsgruppe behandelt das Verhalten der hungrigen nahrungsuchenden Tiere (*Hellflüge* im Zimmer oder im „Flugkasten“). Zuerst wurden ihnen gelbe *Linariablüten* angeboten. Ortsgedächtnis besteht nicht, im Gegensatz zu den Hymenopteren; auch fehlt ein einigermaßen höher entwickelter Formensinn: es machte keinen Unterschied, ob die Blüten von normaler Gestalt, mehrspornig oder verstümmelt war. (Bei den künstlichen Futterblumen [siehe unten] war die Form ebenfalls gleichgültig.) Auch der Geruch spielt, genau wie bei den Dunkelflügeln, keine Rolle; freie und unter der Glasplatte breitgequetschte Blütenstände werden gleich gut beflogen, und steckt der Blütenstand in einem sauberen, oben offenen Glasröhrchen, so richtet sich der gutgezielte Anflug stets gegen die Stelle des Glases, die die Blüte überdeckt, nicht aber gegen die obere Öffnung der Röhre, der der Duft entströmt. Das Verhalten des Tieres beim Einführen des Rüssels zwischen den Blütenlippen hindurch (im binokularen Sehraum!) und sein Vordringen zu dem im Sporn angesammelten Nektar wird genau beschrieben. Die Saftmale, die sich erst beim Öffnen der Blüte satt orangegelb färben, erleichtern das Auffinden des Nektars wesentlich, wie durch strenge Versuche bewiesen wird. — Längere Zeit an den gelben *Linariablüten* gefütterte Falter zeigten eine deutliche „Bindung“ an die gelbe Farbe; *Pelargoniumblütenstände* blieben z. B. seitens dieser Falter stets unbeachtet. Sahen sich die Falter der „*Grautafel*“ gegenüber, einer mit Grauquadraten verschiedener Hel-

ligkeit und weiteren Quadraten von *Herings* Gelb 4, Orange 3 und den verschiedenen Blau-, Violett- und Purpurpapieren besteckten Holzplatte unter Glas, so wurden nur die Gelbquadrate besucht und mit dem Rüssel berührt. Die feuchten Rüssel Spuren auf der Glasplatte konnten nachträglich durch Bestreuen mit Mennigepulver sichtbar gemacht werden, so daß der Falter selbst sein Verhalten gegenüber den verschiedenen Quadraten registriert (Rüssel Spurenmethode). Es besteht also die Möglichkeit einer Bindung (Dressur) an (auf) Gelb, genau wie bei der Biene auch (*v. Frisch*), und alles spricht für das Vorhandensein eines Farbensinnes. Denn würde das Gelbpapier mit einem der Graupapiere gleich hell erscheinen und die Farbe nur an der Helligkeit erkannt werden, so müßte dasjenige Grau der Serie ebensooft betrogen werden wie das Gelb, welches dem Falter mit diesem gleich hell erscheint.

In Nachahmung der optischen Verhältnisse in den farbigen Blütenblättern wurden *Reagensgläser*, als Symbol der mit farbigem Zellsaft gefüllten Epidermiszellen des Blütenblattes, mit farbigen Flüssigkeiten gefüllt und an der Rückseite außen mit einem kleinen weißen Papierquadrat versehen, das die „*Flüssigkeit*“, „*Tape- tum*“-Zellen der inneren Gewebsschichten des Blattes nachahmen soll und als Reflektor wirkt, so daß das auf die Vorderseite des Röhrchens auffallende Licht zweimal die Farbflüssigkeit passieren muß und gut gesättigte Farbempfindungen hervorruft. Brachte Verf. neben *Linariablüten* nun z. B. je drei weiße, gelbe und violette Röhrchen verschiedener Sättigung nebeneinander am Fenster des Versuchszimmers an, so betrogen die Tiere nur die gelben Röhrchen. Weiterhin führte K. auch Röhrchen ein, die gegenüber dem Reflektor auf der Vorderseite eine nischenartige Einstülpung besaßen, aus der die anfliegenden Falter Zuckerwasser saugen konnten, während sie das schöngesättigte farbige Licht des Röhrchens vor sich hatten. An solchen mit violetter Farbflüssigkeit wurden die *Linariablüten* gefüttert, und es gelang, die Gelbbindung allmählich zu lösen und die Violettbinding an ihre Stelle treten zu lassen, d. h. die Tiere „umzudressieren“. Jetzt wurden dem Falter die folgenden Röhrchen geboten, die hier in einer für den dämmerungssehenden Menschen geltenden absteigenden Helligkeitsreihe angeordnet sind (im Versuche hingen sie in bunter Reihenfolge nebeneinander): Weiß 1 > Violett 8 > Grau 4 > Viol 2 = Grau 7 = Gelb 6 = Gelb 9 = Purpur 15 = Viol 11 > Gelb 3 = Gelb 12 > Viol 5 > Grau 10 > Purpur 14 > Grau 13 (Schwarz). Hier enthielten Viol 2 und Viol 11 dieselbe Methylviolett-konzentration; die dazwischenstehenden Gelb-, Purpur- und Grauröhrchen (Lösungen von Orange, Fuchsin S, chinesischer Tusche in Wasser) sind, wie die Gleichheitszeichen andeuten, von gleichem farblosen Helligkeitswerte, müßten also, wenn *v. Heß* recht hätte, samt und sonders vom Falter miteinander verwechselt werden. Tatsächlich erhielten die Violett- und Purpurröhrchen häufige und ausgiebige, die Gelbröhrchen seltene und flüchtige Besuche, entsprechend dem Umstande, daß die Violettdressur unmittelbar, die Gelbdressur längere Zeit vorhergegangen war, und alle Grauröhrchen blieben gänzlich unbeachtet. Wie weitere Versuche lehrten, werden Blau, Violett und Purpur miteinander verwechselt, dagegen von langwelligem Lichte und Weiß, Grau oder Schwarz gut unterschieden. Andererseits werden Gelb, Gelbgrün und zum Orange hinneigendes Gelb miteinander verwechselt, dagegen ebenfalls scharf von allen Grau, Weiß und Schwarz sowie von den kurzwelligen Farben unterschieden. Diese Ergebnisse ließen sich durch weitere

Versuche mit *künstlichen*, zuckerwasserbeschiedigten *Blumen* aus wachstränktem Farbpapier, zwischen die Scheibchen der Heringschen Farbpapiere eingereiht, bestätigen und ergänzen. Der Zeitersparnis halber wurden sie in dem Flugkasten ausgeführt. Falter ohne bestimmte Bindung befliegen die Blumen der Gelb- und die der Blau-Violett-Purpurgruppe sowie auch weiße, ließen jedoch die grünen und blaugrünen Blumen (*Herings* Papiere 8, 9, 10, 11), die im Farbton für uns dem des Spektralbereiches um 500 μ ähneln, vollkommen unbeachtet. Daß dieses Vermeiden der blaugrünen Papiere nicht etwa auf besonderer Helligkeitswirkung derselben beruhe, ist sicher; doch bleibt ungewiß, ob Grün etwa als dritte Farbgruppe unterschieden oder ob es „als ungesättigste Farbe der Gelb- oder der Blaugruppe“ nicht mehr beachtet wird. — Bindungen (Dressuren) ließen sich erzielen an (auf) die Gelbgruppe (Orange, Gelb, Gelbgrün bis Grün), die Blauviolett-purpurgruppe, Hell (Weiß) und Dunkel (Schwarz, Rot, sowie die viel Rot enthaltenden Purpurtöne; sehr gesättigte, für uns fast schwarz aussehende violette Objekte aber wurden als zur Blaugruppe gehörig behandelt). Bei gleichzeitiger Darbietung derselben Farbe in verschiedenen Sättigungsgraden wurden überall die gesättigtesten Farben bevorzugt. Genau wie bei den Dunkelflügen ließen auch die Hellfalter die Verwechslungsgrau-papiere, die dem Totalfarbenblinden mit Gelb 4 bzw. Blau 12 gleich hell erscheinen, in zahlreichen eigens auf diesen Punkt gerichteten Versuchen gänzlich unbeachtet, und zwar auch dann, wenn *Schwerstflintglas* alles ultraviolette Licht von den reflektierenden Papieren zurückhielt. — Mehrmals wurden blaueste Falter, welche blaue Futterblumen besuchten und die grünen mieden, durch Einschieben eines gelben Filters vor die Lichtquelle veranlaßt, jetzt blaue und grüne Futterblumen durcheinander zu befliegen; der Mensch konnte dann die blauen und grünen Blumen ebenfalls nicht mehr unterscheiden. Das spricht dafür, daß auch für den Falter die Gelb- und die Blauviolett-purpurgruppe im Verhältnis von Komplementärfarben zueinander stehen. Der gleiche Schluß läßt sich bei der Biene, mit deren Verhalten den Farben gegenüber (*v. Frisch*) das des Taubenschwanzes ja bis in die Einzelheiten übereinstimmt, auch aus den Befunden *Kühns* ziehen, der am gleichen Objekte den simultanen Farbkontrast als bestehend nachwies.

Endlich ließen sich die mitgeteilten Ergebnisse auch durch *Spektralversuche* bestätigen, was ihre Beweiskraft naturgemäß noch weiterhin steigert. Eine 30 cm lange Wand des Flugkastens wurde durch einen undurchsichtigen Rahmen mit 19 eingeschnittenen kreisrunden Löchern von 18 mm Durchmesser ersetzt, die alternierend in zwei Reihen untereinander standen. Auf den Rahmen fiel das 26 cm breite Prismenspektrum einer Bogenlampe, so daß die nachträglich mit feinem, durchsichtig weißem Papier verklebten Löcher in annähernd homogenen Spektralfarben leuchteten, deren mittlere Wellenlängen in 19 Abstufungen von 647 μ bis 433 μ führten. Ein weißes schwaches Nebenlicht verbreitete genügend Helligkeit, um die Falter nicht in Dunkelstimmung übergehen zu lassen, ohne den Farben gar zu viel von ihrer Sättigung zu nehmen; nur die Violett-scheibchen waren merklich ungesättigt und erhielten daher nur wenige Besuche. Ein beflieg die blauen und gelben Lichtkreise 11- bzw. 10mal, während die um 500 μ liegenden Kreise von 514, 504, 495, 486 μ mittlerer Wellenlänge unbeachtet blieben. Gelbdressierte Falter befliegen die Licht-

kreise von 598, 580, 564, 549, 522 μ insgesamt 12mal, sonst keinen weiteren; blaudressierte flogen die Kreise von 483, 467, 453, 446, 440 μ insgesamt 42mal an, ohne irgendeinen anderen zu beachten. Zählt man alle Besuche ohne Rücksicht auf die vorhergegangene Farbbindung (Gelb oder Blau) zusammen, so wurden die Lichtkreise von 590—510 μ 72mal, die von 490—410 μ 241 mal besucht, während die Felder zwischen 510 und 490 μ , d. h. die um 500 μ Wellenlänge nur zwei Besuche erhielten, so daß der Spektralversuch genau dasselbe lehrt, wie die Versuche an den Heringpapieren. Andererseits besuchten aber Falter, die vorher an weißen Objekten gesogen hatten, auch die grünen Felder, so daß auch diese Versuche die Frage nach einer etwa vorhandenen Grünblindheit nicht zu entscheiden gestatten. Ob eigens angesetzte Versuche für Dressur auf Blaugrün (Futterblumen aus *Hering* 8—11) vorliegen, geht aus der Darstellung nicht klar hervor. Versuche mit verschiedenen gelb oder blau gefärbten natürlichen Objekten (Pflanzenteile, Schmetterlingsflügel usw.) ergaben, daß auch sie dem Falter so erscheinen, wie es in Analogie mit unserem Sehvermögen zu erwarten ist, wenn man von den Ergebnissen der Spektralversuche am Falter ausgeht. — Fassen wir zusammen, so hat sich mittels sämtlicher Methoden, sowohl bei den Dunkel- wie den Hellflügen gezeigt, daß mindestens zwei spezifisch verschiedene Farbart der Wellenlänge, nicht der Helligkeit nach, von *Macroglossum stellatarum* unterschieden werden, nämlich die der Gelb- und die der Blauviolett-purpurgruppe. Ob außerdem auch Grünblau als dritte Farbart wahrgenommen wird, oder als sehr ungesättigt oder ganz farblos, blieb unentschieden. Frischgeschlüpfte Falter, die noch nie mit Blumen in Berührung kamen, flogen auf verglaste Blüten, blaue und gelbe Scheibchen schnurgerade an, ohne die grauen, schwarzen und weißen zu beachten. Das Farbunterscheidungsvermögen und die „Vorliebe“, wie man hier wirklich sagen muß, für gelbe und besonders für blaue Objekte, ist nicht durch erfahrungsmäßig gewonnene Bindungen erworben, sondern vielmehr angeboren. Ganz ähnlich wie *Macroglossum* verhält sich *Deilephila livornica*.

Auch die oft gestellte Frage, wie die *legetreifen* Schmetterlingsweibchen die Futterpflanze der Raupen finden, an der sie die Eier zu befestigen pflegen, ließ sich befriedigend beantworten. Das Weibchen in Legestimmung flog schnurgerade auf grüne Teile der Futterpflanze (*Galium*) unter Glas an, ebenso auch auf die in Reagensröhrchen gefüllten aus *Galium* hergestellten Chlorophyllösungen a (grün) und b (gelb), endlich auch auf grüne und gelbgrüne bis gelbe Farbpapiere; das Blattgrün von *Galium* enthält nämlich auch für unsere Augen deutlich die Gelbkomponente. Stets aber unterblieb unter diesen Umständen die Eiablage. Wurde jedoch auf eine gelbe Futterblume, die eben noch befliegen wurde, ohne daß es zur Eiablage kam, ein Tropfen Preßsaft aus *Galium*blättern aufgetropft, so begann das Weibchen sofort, die Eier daran abzulegen, und kehrte, mehrfach aufgescheucht, immer wieder zu der Papierblüte zurück und legte dort weiter ab. Optische Fernwirkung zieht also das legetreife Weibchen zu allerlei grünen bis gelben Objekten hin, die Nahkontrolle aber erfolgt mittels des Geruchsinnes. Daß dieser bei den Nahrungsflügen nach den bisherigen Ergebnissen keine Rolle spielt, wurde schon betont. — Nicht alle Schmetterlinge verhalten sich ebenso. Der Tagfalter *Charaxes jasius*, der sich in Dalmatien, wo fast alle Freilandbeobachtungen gemacht

wurden, vorwiegend von Fruchtsäften nährt, ließ beispielsweise alle die Futterblumen, die die Taubenschwänze anlockten, ganz unbeachtet, wurde aber etwas Pflaumensaft hineingetan, so fand er sie bald. Die Annäherung an die Objekte (faule oder zumindest überreife Weinbeeren, Feigen u. dgl.) erfolgte nicht wie bei *Macroglossum* im wohlgezielten Anfluge, sondern in „suchendem“ Hin und Her. Das letzte Stück wurde immer vorsichtig laufend zurückgelegt. Nur solange Luftströmungen (Windfahnen!) über das Objekt hin zum Falter zogen, kam das Tier wirklich voran. Der Geruchssinn sitzt in den distalen Fühlerteilen: Tiere, denen die Fühlerspitzen abgeschnitten sind, finden die

Nahrung nicht mehr. Fühlerlose Taubenschwänze aber fliegen genau so gut gegen die blauen Objekte an wie unversehrte. *Macroglossum* orientiert sich beim Nahrungsfluge also rein optisch, *Charaxes* nur durch den Geruchssinn. Ebenso wie diese verhalten sich wohl viele Eulen überhaupt, die an „Köder“ gehenden Schmetterlinge; bei Pieriden sind gleichzeitig Geruchs- und Gesichtseize wirksam. — Auf eine Fülle weiterer Blütenbiologisch wichtiger Einzelheiten konnte der Kürze halber hier nicht eingegangen werden.

Kochler, München.

Ber. üb. d. ges. Phys. u. exp.
Pharm. Bd. 18, 1923.

Sven Hedins Tibetwerk.

Unter den geographischen Forschungsreisenden der Gegenwart gibt es nur sehr wenige, die sich an der Ausdehnung ihrer Reisewege, an der Bedeutung ihrer Entdeckungen, an der Gründlichkeit ihrer wissenschaftlichen Ausbildung und an Umfang wie innerem Wert ihrer Veröffentlichungen gemessen, mit dem Schweden *Sven von Hedin* vergleichen können. Wie die Erforschung des Arktischen Eismeres für alle Zeiten mit dem Namen des Norwegers *Fridtjof Nansen* verknüpft ist, so verdanken wir die Entschleierung des gewaltigsten Hochlandes der Erde in erster Linie den jahrelangen, kühnen und entbehrungsvollen Reisen, auf denen *Hedin* jenes eigenartige Gebiet durchzog und dessen Kenntnis durch genaue Aufnahmen und zahlreiche Messungen der geographischen Wissenschaft, wenigstens in großen Zügen erschloß. Die Ergebnisse seiner älteren Forschungen hat er bereits früher in zahlreichen Reisebeschreibungen veröffentlicht und das gesamte Beobachtungsmaterial seines vierjährigen Aufenthaltes in Zentralasien in einem Werk von ganz gewaltigen Umfang¹⁾ kritisch verarbeitet.

Weit übertroffen aber werden alle diese Publikationen von dem neuen Monumentalwerk über Südtibet, das zu Beginn dieses Jahres vollendet wurde und in 9 Bänden und 3 Atlanten nicht nur die Ergebnisse der eigenen Forschungen in den Jahren 1906–1908 gibt, sondern zugleich eine Verarbeitung des gesamten bisher vorliegenden geographischen Materials unter Beifügung einer erstaunlichen Fülle von altem Kartenmaterial enthält²⁾. Es wird jahrelanger Arbeit vieler Gelehrten be-

dürfen, um die zahlreichen geodätischen, meteorologischen und hydrographischen Messungen, die morphologischen, geologischen, botanischen, zoologischen und anthropologischen Beobachtungen richtig zu würdigen und sie zum Allgemeingut der einzelnen Wissenszweige zu machen, denn das Werk bildet eine schwer zu erschöpfende Fundgrube zuverlässigsten Beobachtungsmaterials. Es ist daher nicht möglich, auch nur die wichtigsten Resultate jetzt schon gebührend zu würdigen, sondern wir müssen uns damit begnügen, einige geographische Ergebnisse aus dem reichen Inhalt auszuwählen.

Am Nordabhange des Himalaya liegt in 81° östlicher Länge und 4602 m Höhe der heilige See der Buddhisten, Manasarovar, in dessen Nähe Quellströme der vier großen indischen Flüsse, Indus, Sutledsch, Ganges und Brahmaputra, ihren Ursprung nehmen. Der Manasarovar ist der heiligste und berühmteste aller Seen der Erde, ein Ziel der Wallfahrt unzähliger Hindu-pilger, der schon in uralten religiösen Hymnen besungen wird. In dem Weltbilde der buddhistischen wie auch der chinesischen Kosmographie spielt er eine ebenso große Rolle wie der an seinem Nordufer gelegene 6715 m hohe Kailas, der heilige Berg oder das „Eisjuwel“ der Tibeter. Nach Ansicht der Bevölkerung schützt die Umwanderung dieses Berges vor allem Bösen

¹⁾ Scientific Results of a Journey in Central Asia 1899–1902. 6 Bände in 4°. 3495 Seiten, 1668 Textfiguren, 308 Tafeln, 129 Karten, Profile und Panoramen. — 2 Atlanten in fol. 84 Karten in 1: 200 000 und 27 Originalkarten des Verfassers in Faksimile. Stockholm, 1904–1907.

²⁾ Southern Tibet. Discoveries in former times compared with my own researches in 1906–1908. By *Sven Hedin*. Stockholm, 1917–1922. 4°. Vol. I, Lake Manasarovar and the Sources of the Great Indian Rivers. From the remotest antiquity to the end of the eighteenth century. XXXII, 293 Seiten. 1 Tafel: 53 alte Karten in Faksimile. — Vol. II, Lake Manasarovar and the Sources of the Great Indian Rivers. From the end of the eighteenth century to 1913. 330 Seiten. 81 Photographien und Skizzen. 2 Panoramen. 24 Faksimilekarten. — Vol. III, Transhimalaya. 369 Seiten. 55 Photographien. 31 Skizzen. 4 farbige Panoramen. 10 farbige Skizzen. 31 Karten. — Vol. IV, Kara-korum and Chang-tang. 428 Seiten. 200 Photographien. 9 photographische und 24 farbige Panoramen. — Vol. V, Petrographie und Geologie. Von *Anders Hennig*. 220 Seiten. 48 petrographische und 12 paläontologische Photographien. 18 geologische Profile. 5 Kartenskizzen. 2 farbige geologische Kar-

ten von Tibet. — Vol. VI, Part 1: Die meteorologischen Beobachtungen, bearbeitet von *Nils Ekholm*. 133 Seiten. Part 2: Les observations astronomiques calculées et réduites par *K. G. Olsson*. 86 Seiten. Part 3: Botany by *C. H. Ostenfeld*. 195 Seiten. 11 Tafeln. — Vol. VII, History of Exploration in the Kara-korum Mountains. 605 Seiten. 19 Photographien. 2 Panoramen. 12 Tafeln mit Profilen. 74 Faksimilekarten. 92 Karten. — Vol. VIII, Chinese Knowledge of Central Asia. Part 1: The Tsung-ling Mountains by *Sven Hedin* and *Albert Herrmann*. Seite 1–88. Part 2: Die Westländer in der Chinesischen Kartographie. Von *Albert Herrmann*. Seite 89–330. 26 Kartentafeln. — Vol. IX, Part 1: Journeys in Eastern Pamir by *Sven Hedin*. 85 Seiten. Part 2: Osttürkische Namenliste mit Erklärungsversuch von *A. v. Le Coq*. 36 Seiten. Part 3: Zur Geologie von Ost-Pamir. Auf Grundlage der von *Sven Hedin* gesammelten Gesteinsproben von *Bror Asklund*. 55 Seiten. 10 Tafeln. Geologische Übersichtskarte. Part 4: Eine chinesische Beschreibung von Tibet vermutlich von *Julius Klaproth* nach *Amiots* Übersetzung bearbeitet, herausgegeben von *Erich Hämisch*. 66 Seiten. Das Goldstromland im chinesisch-tibetischen Grenzgebiete nach dem großen Kriegswerk vom Jahre 1781, dargestellt von *Erich Hämisch*. 65 Seiten. 5 Photographien. 4 Karten. 2 chinesische Kartenskizzen. Part 5: General Index (Personal names, Geographical names, Index of Subjects). 176 Seiten. — Dazu 3 Atlasbände in fol.

auf Erden und garantiert nach dem Tode einen Platz in der Nähe des Gottes des Gangri. Aus den Himalayaländern kommen deshalb alljährlich Tausende von Pilgern, die in Andacht versunken, langsam den Weg um diesen „Nabel der Erde“ zurücklegen. Trotz des zahlreichen Besuches, den die Gegend erfährt, war sie jedoch wissenschaftlich noch nicht erforscht, und erst *Hedin* hat sie mit solcher Gründlichkeit untersucht, daß wir uns nunmehr ein zuverlässiges geographisches Bild machen können. Dies gilt vor allem von der recht komplizierten Hydrographie des Manasarovar, der durch eine zeitweise ausgetrocknete Abflutrinne zu dem westlichen 4589 m hoch gelegenen Nachbarsee Rakas-tal entwässert. Beide Seen liegen im Entwässerungsgebiet des Indus, der ebenso wie sein größter linker Nebenfluß, der Sutledsch, sämtliche Hochgebirgsketten des Himalaya in tief eingeschnittenen Schluchten durchbricht, ein Beweis, daß diese Flüsse schon vor der Auffaltung des Himalaya-Gebirges vorhanden gewesen sein müssen. Früher hatte der Manasarovar durch die erwähnte Rinne, Nganga genannt, einen ständigen Abfluß zum Rakas-tal, der seinerseits zum Sutledsch entwässerte. Mit Fug und Recht konnte man daher den bedeutendsten Zufluß des Manasarovar, den Tago-tsangpo, als den eigentlichen Quellfluß des Sutledsch ansprechen. Zunehmende Trockenheit des Klimas brachte es jedoch zuwege, daß sich die Abflüsse aus dem heiligen See nur noch auf feuchtere Perioden beschränkten. In trockenen Jahren würde also die Sutledschquelle im Rakas-tal beziehungsweise wenn auch dessen Abfluß aufhört, noch weiter westlich zu suchen sein. *Hedin* weist hier unter Benützung von Quellen, die bis in das 16. Jahrhundert zurückgehen, in exakter Weise an einem typischen Beispiel nach, wie die Hydrographie eines Klimatisches und orographisch so eigenartigen Gebietes in hohem Maße abhängig von den jeweiligen Witterungsverhältnissen ist. Auch die Zweifel, welche über die Lage der Quellen des Indus und des Brahmaputra bestanden, konnte *Hedin* nach Erreichung der beiden lange umstrittenen Punkte endgültig beseitigen. Den Problemen des Manasarovar und der Quellen von Indus, Sutledsch, Ganges und Brahmaputra sind die beiden ersten Bände des Riesenwerkes gewidmet. *Hedin* beginnt mit einer sehr ausführlichen und kritischen Darstellung der Einordnung von Tibet in das Weltbild des Altertums, wie es indische, griechische und römische Kosmographen beschrieben und später mohammedanische, chinesische, tibetanische und schließlich europäische Geographen auch auf Karten dargestellt haben, die in reicher Fülle reproduziert wiedergegeben werden. Dieser historischen Vorbereitung folgt dann die Schilderung seiner eigenen Reisen und schließlich die Ableitung der wissenschaftlichen Ergebnisse unter Berücksichtigung der übrigen Fachliteratur.

Hedin gehört zu den wenigen Forschungsreisenden, denen die Befähigung innewohnt, auf die verschiedensten, scheinbar unbedeutendsten Einzelheiten, die sich während des Marsches dem Auge darbieten, genau zu achten, ihre Bedeutung schnell zu erfassen, ihre Stimmigkeit oder Unstimmigkeit zu dem bis dahin Gesehenen im Moment zu erkennen und etwaige Widersprüche sofort an Ort und Stelle aufzuklären. Auf diese hervorragende Begabung sind wohl die großen Erfolge *Hedins* zurückzuführen gegenüber solchen Naturen, die weniger beweglichen Geistes als er, erst am Abend des Reisetages in Muße ihre Beobachtungen und Notizen mit früheren vergleichen und sich nachträglich ein Bild der durchreisten Strecke zurecht machen.

Mancher Verfechter strengster Objektivität wird vielleicht den Einwand erheben, daß bei einer intuitiven Erfassung der Oberflächenformen vielleicht die wissenschaftliche Kritik nicht voll zu ihrem Rechte käme. Vor dieser Gefahr jedoch ist *Hedin* einmal durch seine erstaunliche Gedächtniskraft geschützt, dann aber auch durch seine gründliche und vielseitige wissenschaftliche Vorbildung, die er sich nach dem Muster seines Vorbildes und Lehrers *Ferdinand von Richthofen* angeeignet und auf immer umfassenderen Reisen zu einem seltenen Grad von Vollkommenheit ausgestaltet hat. Maß und Zahl spielen in seinen Aufzeichnungen eine größere Rolle als bei allen anderen mir bekannten Forschungsreisenden. Die Länge des zurückgelegten Weges wird mit der größtmöglichen Genauigkeit bestimmt, die Höhe jedes markanten Punktes wird gemessen, die Steigung bzw. das Gefälle berechnet, die Tiefe und Strömungsgeschwindigkeit der durchquerten Flüsse bestimmt und daraus die Wasserführung ermittelt. Von meteorologischen Elementen mißt *Hedin* regelmäßig Luftdruck, Sonnenstrahlung, Temperaturen der Luft und des Wassers, Luftfeuchtigkeit, Wind und Bewölkung. Astronomische Ortsbestimmungen und Peilungen von Aussichtspunkten vervollständigen die Reihe der Messungen.

Das großartigste und augenfälligste Ergebnis der ganzen Reise war die Entdeckung eines bis dahin völlig unbekannten, aus zahlreichen Einzelketten bestehenden Gebirgszuges, der an Ausdehnung und Höhe dem Himalaya vergleichbar ist. Der große Bogen des Himalaya fällt nach Norden zu einer langgestreckten, 5000 bis 4000 m hoch gelegenen Senke ab, die nach Westen durch die Seen Manasarovar und Rakas-tal zum Sutledsch bzw. zum Indus entwässert, während nach Osten hin der Oberlauf des Brahmaputra, der dort den Namen Tso-tsangpo führt, vom 82. bis zum 94. Breitengrad parallel zum Himalaya fließt, um dann dessen Ketten in einer Reihe von gewaltigen, bisher noch unerforschten Schluchten nach Süden zu durchbrechen, ein merkwürdiges Analogon zu den vorher erwähnten Abnormitäten in dem Verlauf des Indus und des Sutledsch. Nördlich dieser Senke liegt ein bis zu *Hedins* Reise völlig unerforschtes Gebiet, das sich von der Gegend des Manasarovar bis zu dem größten See in Tibet, dem Tengri-nor, erstreckt. Zwar waren Teile im äußersten Osten und Westen durch einige wenige Reisende erkundet worden, denen es jedoch nicht gelang, ein zuverlässiges Bild von der Orographie und Geologie des durchzogenen Gebietes zu geben, weil eben der zentrale Teil zu den unbekannten Teilen der Erde gehörte. Zwischen den Pässen Chalamba-la (5200 m in 90° Ost) und Surnge-la (5276 m in 82° Ost) war das Gebirge vor *Hedin* auch nicht auf einer einzigen Linie überschritten worden. Auf acht Durchquerungen, die jedesmal über schwierige Pässe bis zu fast 6000 m Höhe führten, erschloß *Hedin* den Bau dieses gewaltigen Gebirges und wies nach, daß es sich um eine orographische Einheit handelt, der er den Namen Transhimalaya gab, während die Topographische wie die Geologische Landesaufnahme von Indien den Namen Hedingebirge vorschlugen. Sein höchster Gipfel ist der in 30° Nord, 84¼° Ost gelegene Peak M der Lunpo-Gangri-Kette, dessen Höhe *Hedin* aus vier trigonometrischen Messungen zu 7204 m bestimmte. Er wird in Tibet nur von wenigen Gipfeln der Grenzgebirge übertroffen. Tektonisch und morphologisch bildet der Transhimalaya einen Teil des Himalaya. Die Auffaltung der Erdkruste verteilt sich in eine große Zahl von sekundären Falten, die ein wahres Labyrinth

von Einzelketten bilden, zwischen denen sekundäre Depressionen eingeschaltet sind. Die mittlere Höhe der 11 bis jetzt bekannten Pässe der wasserscheidenden Hauptkette beträgt 5545 m, ist also höher als die der Himalayapässe, und auch sonst nimmt der Transhimalaya als Wasserscheide einen bedeutend höheren Rang ein als der Himalaya. Augenfällig ist der durch klimatische Verhältnisse bedingte Unterschied in den Oberflächenformen. Der Himalaya erhält den Hauptanteil der gewaltigen Regenmengen, die der, im Sommer aus Südwesten wehende Monsun-Wind beim Ansteigen an den Hängen niedersendet. Infolgedessen sind die Täler tief und energisch eingeschnitten, die Kämme scharf und die Gipfel spitz. Der im Regenschatten des Himalaya gelegene Transhimalaya dagegen erhält nur relativ unbedeutende Anteile der Monsunregen; seine Kämme sind daher flacher, die Täler breiter und die Formen im allgemeinen kompakter und massiger.

Die Abnahme der Höhe und der Zerrissenheit der Gebirgssysteme sowie die Zunahme der Trockenheit nach Norden findet sich auch weiterhin in Südtibet, das noch von zwei weiteren gigantischen Faltsystemen durchzogen wird, die stets durch dazwischen liegende, mit vielen, oft großen Seen erfüllte Depressionen voneinander getrennt sind. Am Nordfuß der großen Wasserscheide des Transhimalaya zieht sich die erste, durch die Seen Nganglaring-tso und Tengri-nor bezeichnete Depression hin, deren mittlere Höhe 4692 m beträgt. Weiter nördlich folgt ein Gebirgssystem mit mittlerer Paßhöhe von 5174 m. Die nächste Depression hat 4464 m Mittelhöhe; ihr gehören die Seen Panggong-tso und Selling-tso an. Dann folgt wieder ein Gebirgssystem mit 5275 m mittlerer Paßhöhe.

Im einzelnen weist *Hedin* nach, daß sich diese Depressionen in verschiedenen Stadien der hydrographischen Entwicklung befinden. Die südlichste Depression zwischen Himalaya und der großen Wasserscheide des Transhimalaya wird vom Tszangpo durchflossen, der genügend Wasser führt, um das ganze Jahr hindurch den Ozean zu erreichen. In der Nganglaring-tso—Tengri-nor-Depression sind die Oberläufe der westwärts und ostwärts strömenden Flüsse, sowie die Nebenflüsse der beiden alten Hauptflüsse noch in Funktion, aber ihr Wasser reicht nicht mehr aus, um größere Flüsse zu schaffen, die zum Ozean entwässern. Die nördlichste der drei großen Depressionen mit der Seenreihe von Panggong-tso bis Selling-tso hat das größte Stadium der Reife erreicht. Der alte Fluß dieses gewaltigen Talsystems ist in seiner ganzen Ausdehnung vom Selling-tso bis in die Nähe des Panggong-tso, d. h. über eine Erstreckung von neun Längengraden unter jungen Ablagerungen begraben, und nur der oberste Teil seines Laufes vom Tanglegebirge bis zum Selling-tso ist noch am Leben. Ehemals hat also offenbar das ganze, 1260 Kilometer lange Tal westwärts zum Indus entwässert. Mit aller Deutlichkeit zeigt sich hier, in wie hohem Maße Feuchtigkeit, Wasservorrat und hydrographisches Leben nach Norden zu geringer werden.

Die Anordnung ost-westlich streichender Gebirge mit trennenden, seenerfüllten Senken dazwischen bestimmt auch den Oberflächencharakter des nördlichen Teils von Tibet, des Tszang-tang. Aber diese ödeste und völlig unbewohnte Hälfte des inneren Tibet ist höher als die südliche, wie aus den mittleren Höhen der fünf nördlicheren, etwa zwischen 34° und 36° Nord gelegenen Talzüge hervorgeht, die *Hedin* zu 4944, 4942, 5012, 4895 und 4927 m berechnet. Das Plateauland Tszang-tang ist in gleicher Weise wie die südlicheren Teile von der großen gebirgsbildenden Tätigkeit im

Tertiär mit erfaßt worden, und damals scheint ganz Tibet auch infolge des größeren Reichtums an Niederschlägen etwa den gleichen Landschaftscharakter dargeboten zu haben, den wir heute noch in den wildesten und unzugänglichsten Teilen des Himalaya finden, nämlich steile, zackige Bergformen und tief eingeschnittene, von brausenden Flüssen mit Stromschnellen und Wasserfällen durchströmte Täler, welche einen vollständigen Transport des Gebirgsschuttes und ansehnlichen Verwitterungsmaterials ermöglichten. Ein allmähliches Trockenwerden des Klimas, sowie Bewegungen der verschiedenen Teile der Erdkruste gegeneinander hatten zur Folge, daß der Zusammenhang des Flußlaufes zerriß und das fortlaufende Tal in eine Reihe von abflußlosen Becken zerlegt wurde, in welchen nun die Verwitterungsprodukte zur Ablagerung gelangten. Das Plateauland des inneren Tibet besteht heute aus tausenden solcher abflußlosen (self contained) Becken, meist mit einem Salzsee an der tiefsten Stelle. Hand in Hand damit ging eine Rundung der Bergformen, eine Abtragung der Höhen, dagegen eine Auffüllung der Becken, so daß eine Verminderung des Gefälles eintreten mußte, bis schließlich der heutige Zustand hergestellt war.

Diese verschiedenen Stadien der Entwicklung lassen sich an zahlreichen Stellen des Transhimalaya wie des Tszang-tang deutlich erkennen, und *Hedin* erläutert die Einzelheiten durch Hinweise im Text sowie durch Karten und Profile. Hunderte von prächtigen Photographien tragen dazu bei, ein anschauliches Bild von dem ausgedehntesten und massigsten Hochland unserer Erde zu geben. Ein Atlas von 552 Panoramen, bei deren Entwurf dem Verfasser sein Zeichentalent ebenso zu-statten gekommen ist wie sein ausgeprägtes Verständnis für geographische Formen, erleichtert das Studium der Routenaufnahmen, die in einem zweiten Atlas von 52 Kartenblättern mit Höhenschichtlinien im Maßstab 1 : 200 000 von Oberst *H. Byström* bearbeitet worden sind. Mit großer Sorgfalt finden sich auf jedem Kartenblatt die Punkte angegeben, von denen Panoramen gezeichnet oder photographisch aufgenommen wurden. Überall sind durch Kreissektoren die auf den Panoramen dargestellten Teile des Horizonts kenntlich gemacht und die entsprechenden Band- und Seitenzahlen des Werkes hinzugefügt. Ein dritter Atlas enthält weitere Kartenwerke, die *H. Byström*, zum Teil in Gemeinschaft mit *Otto Kjellström*, bearbeitet hat, nämlich

1. eine Übersichtskarte von *Hedins* Reise in 1 : 5 000 000,
2. eine Generalkarte von Zentralasien und Tibet in 1 : 7 500 000,
3. eine Generalkarte von Ost-Turkestan und Tibet, 15 Blatt, in 1 : 1 000 000. Sie enthält sämtliche Routen aller Forscher, die dieses Gebiet bereist haben, und läßt erkennen, wie zusammenhängende Flächen von vielen Zehntausenden von Quadratkilometern noch heute gänzlich unbekannt sind,
4. eine Spezialkarte von *Hedins* Route, 26 Blatt, in 1 : 300 000,
5. eine Generalkarte der großen Kara-korum-Gletscher, 2 Blatt, in 1 : 500 000,
6. eine Routenkarte über *Hedins* Reisen im östlichen Pamir 1894—1895, 2 Blatt, in 1 : 500 000.

Die einzelnen Zweige der Naturwissenschaften, wie Astronomie, Meteorologie, Geologie, Botanik usw. haben meist schwedische Spezialforscher bearbeitet, wie aus der Titelangabe ersichtlich ist. Dagegen sind an dem historisch-philologischen Teil deutsche Gelehrte in weitgehendem Maße beteiligt, insbesondere Professor *Erach*

Hänisch und Dr. Albert Herrmann. Aber auch Hedin selbst hat mit großer Sorgfalt und bewundernswertem Fleiß die alten Quellschriften durchforscht, erläutert und kritisiert und eine Geschichte der Entwicklung unserer Kenntnis des Landes seit dem frühesten Altertum gegeben, die durch Beigabe von zahlreichen Faksimiles alter Karten einen besonderen Wert erhält.

Die Benutzbarkeit des Werkes wird wesentlich erleichtert durch drei verschiedene Register, von denen eines die Personennamen und das zweite die geographischen Namen umfaßt. Das dritte, systematische Register stellt einen unentbehrlichen Führer durch die gewaltige Fülle des Materials dar, der es ermöglicht, die in verschiedenen Bänden verstreuten Einzelbeobachtungen schnell aufzufinden und zusammenzufassen.

Vom politischen Standpunkt aus ist beachtenswert,

daß Hedin sein Werk der „Survey of India“ gewidmet hat, jener britischen, um die Landesaufnahme Südasiens sehr verdienten Behörde, die sich bereits vor dem Weltkriege auf eine Anfrage des Verfassers zur Annahme dieser Widmung dankend bereit erklärt hatte. Es ist ein Zeichen für die wissenschaftliche Objektivität des schwedischen Forschers und Gelehrten, daß er auch unter den heutigen Umständen diese Zusage einlöst, trotzdem die Engländer ihm wegen seiner deutschfreundlichen Gesinnung die früher erteilten wissenschaftlichen Ehren abgesprochen und ihn z. B. aus der Liste der Ehrenmitglieder der Royal Geographical Society gestrichen haben.

Für den vorzüglichen Druck und die glänzende Ausstattung des Werkes gebührt der Lithographischen Anstalt des Schwedischen Generalstabes besondere Anerkennung.

O. Baschin.

Besprechungen.

Kries, Johannes v., Allgemeine Sinnesphysiologie.

Leipzig, F. C. W. Vogel, 1923. X, 299 S. 17×25 cm.

Wir finden hier zum ersten Male in der Physiologie des Menschen eine zusammenfassende Darstellung alles dessen, was unseren Sinnen oder doch mehreren von ihnen gemeinsam ist. Eine derartige Abhandlung aus der Feder v. Kries' muß besonders reizvoll sein. v. Kries sagt zwar, daß sie vom physiologischen Standpunkt geschrieben ist, und daß der Psychologe den Eindruck der Unvollkommenheit erhalten könnte. Aber beim Lesen empfindet man keineswegs eine derartige Einseitigkeit, vielmehr sind gerade alle Probleme des psychophysischen Zusammenhangs und die mit ihnen so eng verknüpften Fragen erkenntnistheoretischer und logischer Natur gedankenreich erörtert, ohne daß man Gefahr läuft, sich in psychologischen Einzelheiten zu verlieren. Es ist natürlich kaum möglich, aus allen den verschiedenen Kapiteln Gedankengänge herauszugreifen. Der Lehre von den spezifischen Energien gibt v. Kries dahin Ausdruck, daß, wenn ein Sinnesorgan durch nicht adäquate Reize erregt wird, doch stets die gleiche Art von Empfindung hervorgerufen wird wie durch den äquaten Reiz. Die Art der Empfindung ist also nicht durch die Art der Reize bestimmt, sondern sie ist durch die Natur der Sinnesorgane selbst gegeben. Zwei Kapitel sind dem Raumsinn gewidmet. Schon früher hat v. Kries betont (3. Aufl. von *Helmholtz* physiologischer Optik), daß sich aus einer rein reflektierenden Betrachtung mit zwingender Notwendigkeit die Grundtatsache ergibt, daß die Raumvorstellung einen einheitlichen und unveränderlichen Bestandteil unseres Bewußtseins ausmacht. Die wichtigsten funktionellen Eigentümlichkeiten des Raumsinns charakterisiert v. Kries folgendermaßen: 1. Es müssen physiologische Vorgänge vorhanden sein, deren psychisches Korrelat nicht nur Orte einzelner Sehdinge bedeutet, sondern auch die in unserem Bewußtsein gegebene dreidimensionale und unbegrenzte Raumvorstellung. 2. Da unser Raumsinn egozentrisch ist, müssen physiologische Vorgänge da sein, deren psychisches Korrelat die Vorstellung unseres eigenen Körpers ist. 3. Es müssen Funktionsmodalitäten vorhanden sein, die in den speziellen Verhältnissen der optischen Lokalisation zur Erscheinung kommen (Zusammenwirken der mannigfachen Umstände für die Tiefenwerte usw.). 4. Hierzu kommt die assoziative Verknüpfung von Eindrücken aus verschiedenen

Sinnesgebieten. Es ist beim Raumsinn entweder psychisches oder mindestens ein dem psychischen ähnliches physiologisches Geschehen in einer Weise verflochten, für die wir bei sonstigen Attributen der Empfindungen (auch beim Zeitsinn, dem ebenfalls ein Kapitel gewidmet ist) kein Analogon finden. Den Sehraum definiert v. Kries als die Gesamtheit physiologischer Tatbestände, die in unseren Urteilen über Lage, Anordnung, Größenverhältnisse der Gegenstände sowie in den sich anschließenden anderen funktionellen Vorgängen, namentlich Bewegungen, zur Erscheinung kommen. — Einzelheiten der speziellen Sinnesphysiologie sind in dem Buch nur soweit mitbehandelt, als sie dem Autor für die Probleme selbst von unmittelbarer Bedeutung erschienen. Gerade die kritische und vorsichtige Darstellungsweise, die v. Kries stets eigen ist, läßt am besten erkennen, daß in der Sinnesphysiologie trotz der Fülle von Einzelheiten, welche die unermüdliche Forscherarbeit der Psychologen und Physiologen im Laufe der Zeit gebracht hat, die großen Probleme, wenn man die Tatbestände in der Gesamtheit übersieht, überall noch ungelöst sind. Gerade in der Hervorhebung und der tiefgründigen Erörterung, inwieweit alle diese Fragen noch ihrer Lösung harren, liegt meines Erachtens mit der Hauptwert des Buches. H. Köllner, Würzburg.

Fuchs, R., und Hopf, L., Aerodynamik. Handbuch der Flugzeugkunde Bd. II. Unter Mitwirkung des Reichsamtes für Luft- und Kraftfahrwesen herausgegeben von F. Wagenführ. Berlin, Richard Carl Schmidt & Co., 1922. VI, 466 S. und 285 Fig. 19×26 cm.

An den Fortschritten auf dem Gebiete der Flugtechnik, die wir im Weltkriege miterlebt haben, war die wissenschaftliche Durchdringung dieses Gebietes in hervorragendem Maße beteiligt. Die in diesem Zeitraum gewonnenen theoretischen und experimentellen Ergebnisse waren, obwohl meist nur für den Fachmann vollständig bewertbar, nicht minder bedeutungsvoll als die augenfälligeren praktischen Erfolge, mit denen sie Schritt für Schritt organisch verkettet waren. Gerade in den letzten Kriegsjahren gelang die Lösung manches seit langem und von vielen Seiten behandelten Problems, so daß die Zeit des Kriegsendes auch als Abschluß eines bedeutungsvollen Zeitraumes auf flugtechnischem Gebiete gelten kann. Da war es ein glücklicher, schon in der Vorzeit dieser neuen Erkenntnisse gefaßter Ge-

danke, eine systematische Darstellung der erreichten Ergebnisse auf diesem Gebiete zu schaffen, und zwar, dem Werden dieses Wissenszweiges in den letzten Jahren entsprechend, sogleich unter fortgesetzter Verbindung zwischen Theorie, Experiment und technischer Wirklichkeit. Auf diese Weise entstand das vorliegende Werk, das als zweiter Band des großangelegten *Handbuches der Flugzeugkunde* seinen natürlichen Platz fand, und das, wie hier vorweg bemerkt werden mag, zu den bedeutungsvollsten Erscheinungen des deutschen flugwissenschaftlichen Schrifttums gehört; übrigens dürfte es auch in den einschlägigen Literaturen anderer Länder nicht viele Werke geben, die diesem als gleichwertig an die Seite gestellt werden können.

In diesem Werke handelt es sich im wesentlichen um eine systematische Darstellung der *Mechanik des Flugzeuges*. Dabei sind vor allem zwei große Teile zu unterscheiden, welche Unterscheidung auch bei der Anlage des vorliegenden Werkes zur Geltung kommt: ein *aerodynamischer* Teil, der die Strömungsvorgänge der Luft um die Bestandteile des Flugzeuges und um das Flugzeug als Ganzes betrifft, und ein im wesentlichen der *starrten Mechanik* angehöriger Teil, der die Bewegung des Flugzeuges im Raum als Körper von sechs von einander unabhängigen „Freiheitsgraden“ (3 Verschiebungen längs dreier Achsen des dreidimensionalen Raumes „unserer“ technischen Wirklichkeit und 3 Drehungen um diese Achsen) betrifft. Der erste Teil beschäftigt sich vor allem mit der Bestimmung der Luftkräfte auf Körper von solcher Gestalt, wie sie im Flugzeugbau Verwendung finden, der zweite mit den bei den verschiedenen Flugzuständen auftretenden Kräften im Zusammenhange mit den durch diese erzeugten Bewegungen, insbesondere mit dem Verhalten des Flugzeuges beim Steuern, also dem Einfluß der Ruder. Diese beiden Teilgebiete sind in dem Werke in großer Ausführlichkeit und unter Heranziehung aller bisher verwendeten Hilfsmittel behandelt, die bei dem in Rede stehenden technischen Wissenszweige auch höheren Gebieten der modernen Mathematik entnommen sind. Im Anschluß an diese beiden Teilgebiete dürfte übrigens im Laufe der Zeit voraussichtlich noch ein dritter — sie verbindender — zur Ausgestaltung gelangen, der die Wechselbeziehung zwischen dem Flugzeug und der umgebenden Luftmasse eingehender behandeln wird, als dies bei der heutigen Auffassungsweise möglich ist; dabei wird es sich vor allem um eine eingehende Untersuchung der nicht-stationären Luftströmungen und damit auch der Luftkräfte bei nicht-gleichförmiger Bewegung des Flugzeuges handeln.

Die Einleitung enthält zunächst eine Kennzeichnung des in gleichem Maße der Physik und der Technik angehörenden Flugproblems, eine Übersicht über die dabei auftretenden Einzelprobleme sowie auch der experimentellen Hilfsmittel, die zur Behandlung des individuellen Einzelfalles sich bisher stets als notwendig erwiesen haben, und die auch fernerhin durch keine Theorie völlig entbehrlich werden dürften. Dabei werden die prinzipiellen Fragen der Ähnlichkeitsmechanik, die den Übergang vom Modell zur ausgeführten Maschine beherrschen, in anschaulicher und ausführlicher Weise entwickelt. Modellversuche wurden bisher mit Erfolg ausgeführt als *Schleppversuche* in Längsbewegung oder im *Rundlauf*, als *Fallversuche*, am genauesten jedoch in den *Luftstromanlagen*, von denen heute schon mehrere, teilweise auch in großen Abmessungen ausgeführt wurden; die bekannteste von ihnen und gleichzeitig auch diejenige, auf deren Ergebnisse das in Rede stehende Werk an vielen Stellen Bezug nimmt, ist die

„Aerodynamische Versuchsanstalt der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft“ in Göttingen, über deren Einrichtungen und Aufgaben ihr dz. verdienstvoller Direktor, Herr Prof. Dr. L. Prandtl vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift berichtet hat¹⁾. Außer den Modellversuchen kommen an experimentellen Hilfsmitteln die Versuche im Fluge in Betracht, über deren Ausführung und instrumentelle Hilfsgeräte ebenfalls das Wichtigste dargelegt wird.

Der erste Teil, betitelt: *Die Luftkräfte* bringt zunächst eine Ableitung der Grundgleichungen der theoretischen Hydrodynamik reibungsfreier und unzusammendrückbarer Flüssigkeiten, und der Folgerungen, die sich aus ihnen für ebene Potentialströmungen ziehen lassen; sie führen auf die durch *Joukowsky* und *Kutta* eingeführte konforme Abbildung, durch welche aus der bekannten Strömung um einen Kreiszylinder die Strömung um ein Flügelprofil gewonnen wird; an sie schließen sich die Verfeinerungen an, die die Gewinnung wirklichkeitstreuer Profile bezwecken, und die insbesondere von v. Kármán, Trefftz, v. Mises u. a. erhalten wurden. Die Strömungsaufgabe läßt sich auch für zwei oder mehrere Tragflügel hinter- oder übereinander (Flügelgitter) lösen.

Alle diese Betrachtungen legen die Annahme einer ebenen Potentialströmung zugrunde, das dadurch gewonnene Strömungsbild läßt sich daher nur auf unendlich lange Tragflügel anwenden, längs welcher dieses Strömungsbild wie auch die damit im Zusammenhang stehende Auftriebsverteilung dieselben bleiben; über den *Widerstand* eines solchen Flügels wird durch diese Betrachtungen keine Aussage gewonnen. Hier setzen nun die großen Arbeiten L. Prandtls ein, der die Veränderlichkeit des Auftriebes längs des Flügels, wie sie sich infolge *endlicher* Flügellänge notwendigerweise einstellen muß, in Zusammenhang brachte mit dem *Widerstand* des Flügels, d. i. die, in die Bewegungsrichtung fallende, der Bewegung entgegen gerichtete Kraft; dieser Widerstand wird (außer dem Reibungswiderstand) im wesentlichen veranlaßt durch die von der Hinterkante der Flügel in Form eines *Wirbelbandes* abgehenden Wirbel. Diese Theorie erfordert daher zunächst eine Einführung in die Gesetze der Wirbelbewegung, wobei als ein neuer, bisher in der Hydro- und Aerodynamik nicht benützter Begriff, der *Randwiderstand* oder *induzierte Widerstand* auftritt. Diese Theorie gestattet auch unmittelbar die Erweiterung auf *Mehrdecker* und unter gewissen Voraussetzungen über die geometrische Ähnlichkeit auch die *Umrechnung* (Reduktion) der Auftriebs- und Widerstandswerte für verschiedene Flügelanordnungen — ein für den Vergleich verschiedener solcher Anordnungen außerordentlich wichtiges Ergebnis der Theorie. Die Anwendung auf anders gestaltete Körper und die Frage der *Entstehung* des Widerstandes macht freilich über diese Ergebnisse hinaus noch eine allgemeine Widerstandstheorie nötig, über deren wichtigste Ergebnisse in dem Werke gleichfalls ausführlich berichtet wird, dabei wird insbesondere auf die Prandtlsche *Grenzschichtentheorie*, auf die Kármánsche Wirbelstraße und ihre Stabilität, auf die Wirbelablösung und auf andere damit im Zusammenhang stehende Untersuchungen eingegangen. Dieser Teil ist der schwierigste des ganzen Gebietes, und ist, wie auch zugestanden werden muß, noch durchaus nicht als abgeschlossen anzusehen. Den Schluß des ersten Teiles bildet ein ausführlicher Bericht über die Ergebnisse der *Messungen* und ihrer Beziehung zu den

1) Die Naturwissenschaften, 1922, Heft 8.

theoretisch gewonnenen Ergebnissen und eine kurze Darlegung der analogen bei der Luftschraube auftretenden Probleme.

Schon für den ersten Teil des Werkes ist die Art der Darstellung, die überall mit wohlbegründeten physikalischen Vorstellungen arbeitet, kennzeichnend für den Wirklichkeitssinn seines Bearbeiters: Prof. Dr. R. Fuchs in Berlin. Der zweite, von Prof. Dr. L. Hopf in Aachen herrührende Teil fügt zu diesen teilweise schon klassisch und Gemeingut gewordenen Ergebnissen auch sachlich neue Entwicklungen, insofern, als darin eigentlich zum ersten Male eine Theorie der Bewegung des Flugzeuges in der Luft auf Grund der Bewegungsgleichungen gegeben wird. Durch geistreich ersonnene Schaubilder gelingt es, das Verhalten eines bestimmten Flugzeuges und den Vergleich verschiedener Flugzeuge in anschaulicher Weise zur Darstellung zu bringen; dadurch wird auch die Möglichkeit gewonnen, das Verhalten des Flugzeuges in den verschiedenen Flugstadien (Horizontalfahrt, Steigen, Sinken usw.) bei verschiedenen Belastungen, bei den verschiedenen Ruderbewegungen, unter verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen, bei Änderung der Größe, Form und Lage einzelner Bestandteile u. dergl. in übersichtlichster Form zu veranschaulichen. Insbesondere die theoretisch und praktisch wichtige Frage der *Stabilität* erfährt auf diese Weise eine vollständige und in fast allen Punkten befriedigende Erledigung. Daß auf diese Weise, auch neue und gerade für die praktische Fliegerei bedeutungsvolle Ergebnisse gewonnen werden, zeigt z. B. die Auffindung und Erklärung der als *Trudeln* bezeichneten Flugzeugbewegung, in der eine der Hauptursachen für die durch teilweise Instabilität des Flugzeuges gegen seitliche Störungen hervorgerufenen Unglücksfälle zu suchen ist.

Besonders beachtenswert und auch für den Flugzeugbau wertvoll ist das in diesem Zusammenhang gegebene Zahlenmaterial für die *Kennziffern*, die für die Beurteilung des Verhaltens der Flugzeuge dienen. Ein ausführliches Literaturverzeichnis und Register beschließen das Werk.

Dieser in mehr als einer Hinsicht unvollkommene Bericht mag ein Bild über die Reichhaltigkeit seines Inhaltes geben, der nicht nur für den Theoretiker, sondern auch für den Planer, ja vielfach auch für den praktischen Flieger überaus bedeutungsvoll ist. In jeder Phase ist der Einfluß deutscher Arbeit zu erkennen, von der nur zu bedauern bleibt, daß sie in der jüngst vergangenen Epoche in weitem Umfange der Zerstörung gedient und zu einem — hoffentlich bald wieder überwundenen — Niedergange des eigenen Volkes geführt hat. T. Röschl, Prag.

Lundegardh, Henrik, Zelle und Cytoplasma, Band I aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie, herausgegeben von R. Linsbauer. I. Abt. 1. Teil. Cytologie. Berlin, Gebr. Bornträger, 1921. 192 S. und 193 Fig. 18 × 26 cm.

Tischler, Georg, Allgemeine Karyologie. Band II aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie, herausgegeben von R. Linsbauer. Berlin, Gebr. Bornträger, 1921. 384 S. 18 × 26 cm.

Die vorliegenden Hefte stellen die ersten Lieferungen des umfangreich gedachten Linsbauerschen Handbuches der Pflanzenanatomie dar. Während die pflanzliche Systematik und Morphologie bereits zusammenfassende Darstellungen aufzuweisen haben, entbehrte die Anatomie bislang einer solchen auf einem Gebiete, dessen Literatur in den letzten Jahrzehnten gewaltig gewachsen ist. Aus der kurzen Inhaltsangabe des Gesamtwerkes ist ersichtlich, in welcher Weise die Ver-

arbeitung des Stoffes gedacht ist, eine Einteilung, deren Erweiterung wohl zu erwarten steht.

Die erste Abteilung des Handbuches umfaßt die Cytologie, Histologie und experimentelle Anatomie und wird eingeleitet durch den Band „Zelle und Cytoplasma“ von Lundegardh. Diesem Teil geht eine kurze Darstellung der geschichtlichen Entwicklung der Anatomie und Zellenlehre vom gleichen Verfasser voraus. An eine prägnante Definition der Begriffe „Zelle“, „Protoplasma“ und „Kern“ schließt sich die morphologische Gliederung der Zelle und ihre Symmetrieverhältnisse. Über die Bedeutung des Kernes für die Cytoplasmfunktionen und seine Beeinflussung durch dasselbe hätten wir vom Verfasser eine eingehendere Darstellung gewünscht. Ausführlicher ist das Kapitel „Größe der Zelle“. Die Kernplasmarelation R. Hertwigs stellt keinen absoluten Zahlenwert dar, sondern entspricht jeweils einem bestimmten physiologischen Zustand. Ein weiteres behandelt die Form der Zelle, sowie die äußeren und funktionellen Einflüsse, welche eine Formumwandlung herbeiführen können.

Mit Beginn der allgemeinen physikalischen Organisation schließt das erste Heft ab. Ein Hinweis auf die zahlreichen Figuren ist im Text meist leider unterlassen.

Das zweite Heft bringt den ersten Teil der allgemeinen Pflanzenkaryologie von Tischler und behandelt den Ruhekern und die Kernteilung. Der Mannigfaltigkeit der Kernformen liegt im allgemeinen eine funktionelle Ursache zugrunde. Wir finden außer durch die Zellform aufgezwungenen Veränderungen auch aktive, d. h. solche, die durch die Funktion des Kernes und den damit verbundenen Stoffwechsel hervorgerufen werden. Die sich hierbei ergebende ungleiche Oberflächenspannung läßt seine Gestalt mehr oder weniger von der Kugelform in meristematischen Zellen abweichen. So in den Kernen der Pflanzengallen, der Mykorrhizazellen, vieler Endosperme und sekretorisch wirkender Zellen. Am bekanntesten ist der Formenwechsel der Spermakerne, in deren schraubiger Gestalt namhafte Forscher einen Beweis für die autonome Bewegung dieser Kerne im Embryosack sehen wollten.

Der hypothetische Charakter der Kernkomponenten beruht auf ihrer Bestimmung durch die Färbetechnik. Wir nehmen im allgemeinen an, daß das Wesentliche im Kern seine speziellen Eiweißkörper — die Nucleide — sind. Abweichend davon sind z. B. die Vorstellungen Hansteen-Craners, wonach der Kern hauptsächlich aus Lipoiden besteht, während das Eiweiß mehr den Charakter eines Reservestoffes tragen soll. Da unsere Fixierungsmittel erst das kolloidal gelöste Eiweiß ausfällen und färbbar machen, so lassen unsere aus diesem Material gezogenen Schlüsse manchen Zweifel aufsteigen. Dieser Gedanke muß zu einer Kritik der bislang gültigen Deutungen der morphologischen Kernstruktur führen, die eben von fixierten Präparaten ausgehen und mit den Namen Flemming und Bütschli eng verknüpft sind. Wir bemühen uns heute auf Grund unserer kolloidchemischen Erkenntnisse diesen Dingen näher zu kommen.

Die Frage, ob den Kernen eine Membran zuzusprechen sei oder nicht, wird verschieden beantwortet. Einerseits kennt man viele Kerne, deren deutlich sichtbare Membran erst bei der Mitose aufgelöst wird, andererseits gibt es solche mit nicht nachweisbarer Kernmembran. Der Verfasser will diesen Widerspruch so lösen, daß beim Überwiegen der flüssigen Kernphase sich an der Grenzfläche gegen das andersartige Cyto-

plasma eine Niederschlagsmembran bildet, während beim Überwiegen der gelartigen Kernbestandteile die Neigung besteht, eine äußerst dünne Oberflächenmembran entstehen zu lassen. Wo eine Kernmembran vorhanden ist, ist sie als semipermeabel zu denken.

Spähen im Tierreich die Centrosomen eine bedeutende Rolle, so kommen solche bei den Pflanzen nur bei Algen und Pilzen vor. Ob die Blepharoplasten der Archegoniaten und Gymnospermen phylogenetisch von ihnen abzuleiten sind, läßt sich nicht entscheiden. Sicher ist dagegen, daß sie keinen Einfluß auf die Kernteilung haben und lediglich als Cilienbildner der männlichen Geschlechtskerne fungieren.

Mit der Frage des Stoffaustausches zwischen Kern und Cytoplasma steht die Beobachtung aktiver Kernwanderung in der Zelle in Verbindung. Nach den Beobachtungen *Haberlandts* befindet sich der Kern stets an der Stelle lebhaften Wachstums. Hierfür gibt es zahlreiche Beispiele, aber auch Ausnahmen von dieser Regel kommen vor. Solange man nicht die Stoffwechselvorgänge kennt, welche die Kernbeteiligung erfordern, solange lassen sich die verschiedenen Beobachtungen schwer einheitlich deuten. Bei der Zellwandbildung finden wir von den Characeen und Bryophyten ab einen engen Zusammenhang zwischen Kernteilung und Zellteilung. Bei den Algen geht meist die Kernteilung voran, worauf die junge Wand in einer Plasmaplatte entsteht, die keine Beziehung mehr zur Kernspindel zeigt. Daß sich experimentell Zellteilung auch bei höheren Pflanzen ohne Kernteilung erzielen läßt, zeigen die Versuche *Haberlandts* mit plasmolysier-

ten Haarzellen von *Coleus* und Zellen der Blatzzähne von *Elodea*.

Die typische Kernteilung leitet eine Diskussion der die Mitose auslösenden Ursachen ein. Seitdem *R. Hertwig* in qualitativen Veränderungen des Kernplasma-verhältnisses das teilungsauslösende Moment erblickte, hat man andererseits zahlreiche Fälle kennengelernt, in denen qualitative Faktoren den Teilungsreiz auslösen können. Die Versuche zur Erzielung künstlicher Parthenogenese, die Wirkung der Wund- und Leptohormone *Haberlandts* zeigen solche spezifischen Stoffe. Die Kolloidchemie sucht hingegen ein Verständnis für die dabei auftretenden Zustandsänderungen der Zelle anzubahnen. Beide Gedanken können aber, wie der Verfasser richtig hervorhebt, sehr wohl Teilercheinungen eines Vorganges sein.

Über die Vorgänge beim Ablauf der Mitose wissen wir weit weniger, ihre Mechanik ist uns noch heute verschlossen, und obgleich wir die alten Vorstellungen von den Zug- und Stützwirkungen der Spindelfasern als zu materiell grob empfinden, gibt uns keine der neueren Hypothesen bisher eine befriedigende Erklärung.

An Beispielen und Abbildungen bringt der Verfasser eine außerordentliche Fülle, und darin besteht der Wert des Buches. Daß manche darin enthaltenen Anschauungen des Verfassers nicht allseitig geteilt werden dürften, liegt in der vielfach noch hypothetischen Materie und ist nicht das Wesentliche. Das Buch ist ein ausgezeichnetes Nachschlagewerk.

Fr. Herzig, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Neue photographische Parallaxbestimmungen mit dem 100-Zoll-Spiegel am Mt. Wilson. Die letzten Jahre haben in der Erkenntnis der Entfernungen der Fixsterne große Fortschritte gebracht. Abgesehen von dem hier schon wiederholt besprochenen glänzenden Verfahren von *Kohlschütter* und *Adams*, das uns Parallaxen auf spektroskopischem Wege gebracht hat, sind auch seit etwa 12 Jahren trigonometrische, photographisch gewonnene Parallaxen in ansehnlicher Menge und nach verfeinerten Methoden bestimmt worden. Die Stellarstatistik verfügt heute schon, vor allem Dank der Arbeiten der Allegheny-, McCormick- und Mt. Wilson-Sternwarte, über ein schönes Material¹⁾. Die Aussichten für die Zukunft sind sehr günstig, wenn man bedenkt, daß es möglich war, in diesen 12 Jahren die Zahl von ca. 100 brauchbaren Parallaxen zu verachtfachen, ganz abgesehen von den nahezu 2000 auf spektroskopischem Wege bestimmten.

Nun ist auch das 100zöllige Hookerteleskop, derzeit das größte Instrument der Welt, von *van Maanen* auch u. a. in den Dienst der photographischen Parallaxenmessungen gestellt worden, nachdem seit 1915 schon am 60-Zöller derselben Sternwarte derartige Untersuchungen angestellt worden waren²⁾. Es ist vielleicht am Platze, bevor die neuen Ergebnisse besprochen werden, hier noch auf das Prinzip der Untersuchungsmethode *van Maanens* in Kürze hinzuweisen.

¹⁾ Vgl. auch *H. Kienle*, Der gegenwärtige Stand der Parallaxenforschung. Vierteljahrsschrift d. Astron. Ges. 56, 217.

²⁾ Mt. Wilson Contrib. Nr. 111.

Es werden am Spiegel durchschnittlich 16 Aufnahmen zu 15 Minuten gemacht, die dann in 8 Paare mit genügend großer Zwischenzeit, entsprechend dem positiven und negativen parallaktischen Maximum, gruppiert werden. Jedes Plattenpaar wird gleich zeitig am Stereokomparator mit Hilfe der Blinkvorrichtung vermessen. Der Stern mit der zu bestimmen den Parallaxe ist im Zentrum der Platte und dient als Koordinatenursprungspunkt. Die anzuschließenden Vergleichssterne sind höchstens 8' entfernt und in einer möglichst gleichmäßigen Verteilung um den Parallaxenstern ausgewählt. Sie sollen möglichst lichtschwach sein, schon aus dem Grunde, um ihre Eigenbewegung und Parallaxe um so sicherer vernachlässigen zu können. Um keine Helligkeitsfehler einzuführen, wird nach *Schlesinger* bzw. *Abbot* der Parallaxenstern durch einen rotierenden Sektor von 13 mm Durchmesser künstlich geschwächt. Verschiedene Typen von Sektoren ermöglichen eine Abblendung von 3—7 Größenklassen. Es wird nun sowohl für den Parallaxenstern, wie für die Vergleichssterne die Distanz in Rektaszension D zwischen den beiden Platten auf jedem Plattenpaar gemessen, und zwar, wie allgemein üblich, in zwei um 180° gewendeten Plattenstellungen. Die D sind durch die Eigenbewegung (E.B. μ_α) und Parallaxe (π) bedingt, zudem aber noch durch eine Reihe andere Ursachen, wie Präzession, Nutation, Refraktion, Orientierung der Platte usw. Diese zu berücksichtigenden Korrekturen sind Funktionen der Koordinaten in der Form $a + b\alpha + c\gamma + d\alpha^2 + e\alpha\gamma + f\gamma^2 +$ Glied-

der höherer Ordnung. Bei entsprechenden Vorichtsmaßregeln können, wie *van Maanen* zeigt, die Glieder zweiter und höherer Ordnung vernachlässigt werden. Die Korrektur ist dann $a + bx + cy$. Die gemessenen Distanzen D setzen sich also zusammen aus $a + bx + cy + \Delta p \pi + \Delta m \mu$; (Δm = Zeit in Jahren zwischen den einzelnen Aufnahmen jedes Plattenpaares, Δp = dem Unterschiede des parallaktischen Faktors). Für die Vergleichsterne, bei denen ja π und $\mu = 0$ angenommen sind, wird $D = a + bx + cy$. Die Werte dieser Konstanten sind unschwer nach der

mit schwachen Vergleichsternen müssen an einem größeren Instrumente gemacht werden, will man nicht die Expositionszeit von 15 Minuten überschreiten. Wegen der Schwierigkeit der Nachführung des Spiegels in der Cassegrainanordnung für südliche Deklinationen konnten nur wenige südliche Sterne beobachtet werden. Die ersten Ergebnisse am Hooker-Teleskop (42' Brennweite) in der Newtonschen Einrichtung liegen nun vor¹⁾.

Die Parallaxen wurden für drei rasch bewegte Sterne aus der Liste von *Wolf* gemessen.

	mph.	α_{1900}	δ_{1900}	jährl. E. B.	π Rel.	m. F.
Wolf 1037.....	14,5	22 ^h 23 ^m 44 ^s	+ 5° 20'	1'57	0'054	± 0'0060
Wolf 1039.....	13,8	23 ^h 29 ^m 2 ^s	- 0° 21'	1'44	0'056	± 0'0060
Wolf 1040.....	14,5	23 ^h 31 ^m 37 ^s	+ 0° 37'	1'23	0'057	± 0'0105

Methode der kleinsten Quadrate aus den verschiedenen Vergleichsternen für jedes Plattenpaar zu errechnen. Für den Parallaxenstern im Koordinatenursprungspunkt ist x und y gleich 0; also $D = a + \Delta p \pi + \Delta m \mu$. Zur Vereinfachung der Rechnung werden alle D eines Plattenpaares um den für den Parallaxenstern gefundenen Wert vermindert, für diesen selbst wird dann schließlich $\Delta p \pi + \Delta m \mu = -a$. Soviel Plattenpaare, soviel derartige Bedingungsgleichungen. Die Ausgleichungsrechnung ergibt dann die gewünschten Werte für π und $E. B. \mu$. Sind einmal die Konstanten b und c ermittelt, so ermöglicht die Methode ohne weiteres die E. B. und π für die Vergleichsterne zu rechnen und damit Untersuchungen über systematische Fehler durchzuführen. Dies ist ein großer Vorzug gegenüber der Methode von *Schlesinger*, bei der eine derartige Loslösung der Vergleichsterne nicht möglich ist.

Nach diesem hier angedeuteten Verfahren hat *van Maanen* in den letzten 7 Jahren 170 Objekte gemessen. Die innere Genauigkeit der Ergebnisse ist die größte bisher erreichte. Bei *Kapteyn* und *Weersma* beträgt der mittlere Fehler (m. F.) $\pm 0,00480$, bei *Mitchell* (nach 1914) $\pm 0,00135$; bei *Schlesinger* $\pm 0,00120$, während *van Maanen* nach Abschluß seiner Messungen am 60-Zöller $\pm 0,00084$ angibt¹⁾; *G. Schnauder* fand in seiner aufschlußreichen Untersuchung²⁾, in der er u. a. 172 photographische Parallaxen von 5 verschiedenen Sternwarten untereinander in Beziehung setzte, für *van Maanen* den weitaus kleinsten m. F. von $\pm 0,00095$, der noch unsicher war, da er sich nur auf 5 Sterne bezog. Dieser Wert *Schnauders* wird aber nun bestens gestützt durch die vorzügliche Übereinstimmung mit dem mittleren inneren Fehler einer Einzelparallaxe der 170 Objekte von *van Maanen*.

Der Übergang vom 60-Zöller auf den 100-Zöller als Arbeitsinstrument hatte mehrere Gründe; Parallaxenbestimmungen für sehr schwache Sterne bzw. Gebiete

Im Durchschnitt ein m. F. von $\pm 0,00075$. Es gelang also, am 100-Zöller die innere Genauigkeit der Messungen noch weiter zu steigern. Der m. F. beträgt nunmehr nur noch $\frac{1}{2}$ des m. F. der an sich schon glänzenden Resultate der Allegheny-Sternwarte.

Der gemessenen π entsprechend muß man diese Sterne als Zwerge bezeichnen mit der äußerst kleinen absoluten (phot.) Helligkeit + 13^m. Ihre Geschwindigkeit senkrecht auf die Gesichtslinie beträgt 110 km/sek.

Als viertes Objekt hat *van Maanen* den prächtigen planetarischen Nebel NGC 7293 im Aquarius (Fig. 76 in Lick Publ. XIII)²⁾ gemessen. Er ist der Riese unter den planetarischen Nebeln mit einem Durchmesser von 15 bzw. 12 Bogenminuten. Er besitzt ähnlich wie der seltsame NGC 6543, doch nicht so ausgeprägt, eine schneckenförmige Gestalt. Der Zentralstern, eine regelmäßige Erscheinung bei diesen Gebilden, hat eine photographische Helligkeit von 11^m. Die gemessene Parallaxe ist von derselben Größenordnung wie bei den Wolfischen Sternen und beträgt $0,0058 \pm 0,00075$. Es ist also ein relativ nahes Objekt, ungefähr 55 Lichtjahre von der Sonne entfernt. Der Zentralstern ist ein Zwerg mit einer absoluten Helligkeit von + 11,2^m. Die scharfe Bestimmung der Parallaxe für einen planetarischen Nebel ist von großer Bedeutung und ermöglichte auch die Dimensionen für dieses Riesengebilde anzugeben. Es hat in der Längsachse einen Durchmesser von $3\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer.

Haben uns die Messungen nach der Interferenzmethode für den Riesensternt Antares einen Durchmesser ergeben, der nach den besten Parallaxmessungen größer ist als jener der Marsbahn, so haben wir hier ein Gebilde vor uns mit einem Durchmesser, welcher den der Neptunbahn, also den unseres Sonnensystems, noch 375mal übersteigt. W. E. Bernheimer.

¹⁾ Proc. Nat. Ac. of Sc. 9, Heft 2.

²⁾ Über planetarische Nebel und die Lickarbeit vgl. den ausführlichen Aufsatz *Hopmanns* in Naturwissenschaften 1922, Heft 1.

¹⁾ Proc. Nat. Ac. of Sciences 9, Heft 2.

²⁾ Astron. Nachr. 217, 1.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 36. (Seite 753—768.)

7. September 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Neue Arbeitsweisen. Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege. Von *Fritz Haber, Berlin-Dahlem*. S. 753.

Über Pseudo-Hochvakuum. Von *Paul Knipping, z. Z. Heidelberg*. (Mit 3 Abb.) S. 756.

Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen Milben. (Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.) Von *Hanna Schulze, Berlin-Dahlem*. S. 763.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Lumineszenzerregung durch aktiven Stickstoff. Von *Erich Tiede und Artur Schleede, Berlin*. S. 765.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 766—768.

Der Schellfisch auf den Heringslaichplätzen. Betrachtung über die Axiome der Biologie. Über den Einfluß des Keimzellenalters auf die Vererbungsrichtung.

ZEISS

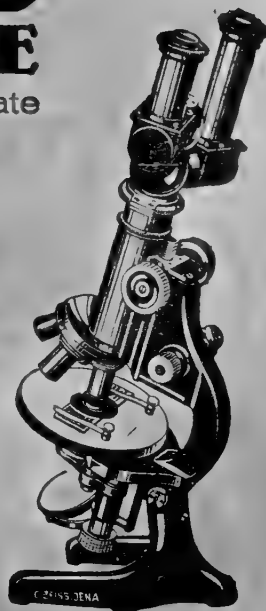
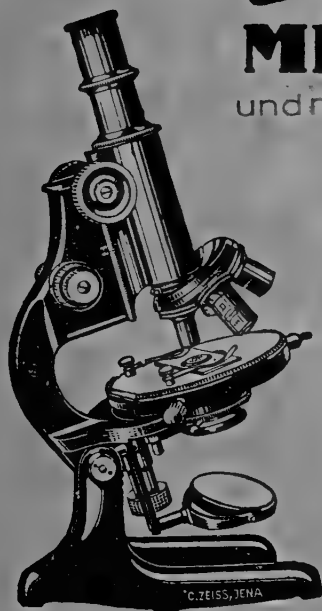
MIKROSKOPE

und mikroskopische Hilfsapparate

Lupen
Projektionsapparate
Epidiaskope
Photo-Objektive

usw.

Druckschriften auf
Wunsch kostenfrei



Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 29. August 1923: 1 200 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

Verlag von JULIUS SPRINGER in Berlin W 9

Soeben erschien:

Fachausdrücke der physikalischen Chemie

Ein Wörterbuch

von

Dr. med. Bruno Kisch

a. o. Professor an der Universität Köln a. Rhein

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

(IV, 100 S.) GZ. 4.—

Voigt & Hochgesang Göttingen

Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten
Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt.
Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Bezugspreis f. September

Der Verlag sieht sich infolge der unaufhaltam fortschreitenden Teuerung gezwungen, den Postbezugspreis der „Naturwissenschaften“ für den Monat September im Einverständnis mit der Postverwaltung als „freibleibend“ zu bezeichnen. Tritt die Notwendigkeit ein, den Preis zu erhöhen, so wird der Unterschiedsbetrag zwischen dem an die Post bezahlten und dem neuen Preise unmittelbar von unseren Beziehern erbeten werden.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9

Verlag von JULIUS SPRINGER in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das Glyzerin

Gewinnung, Veredelung, Untersuchung und Verwendung
sowie die

Glyzerinersatzmittel

von

Dr. C. Deite†

und

Ing. Chem. J. Kellner

Berlin

Betriebsleiter d. Schichtwerke Aussig

Mit 78 Abbildungen (VIII, 449 S.) Gebunden GZ. 14.—

Neue Arbeitsweisen¹⁾.

Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege.

Von Fritz Huber, Berlin-Dahlem.

Dies ist die Zeit des wirtschaftlichen Wandels. Schätze, von den Vätern ererbt, schwinden in wenigen Jahren, neue Menschen ohne besonderes Verdienst treten überraschend in die Rolle des alten Besitzes. Der Kaufmann wechselt seinen Arbeitskreis, der Mann aus den freien Berufen seine Tätigkeit. Aber in diesem ungeheuren Wandel scheinen die Tätigkeiten selbst beim ersten Anblick wenigstens ihrer Art nach wenig verändert. Viele Arbeitszweige sind zurückgegangen, andere haben sich entwickelt, aber die Arbeitsweisen scheinen auf den ersten Blick zunächst die gewohnten und gleichen. Auf die Tätigkeiten aber, auf die Arbeitsweisen kommt alles an. Keine veränderte Gliederung der Menschen, keine neue Einteilung ihrer Tätigkeit hilft gegen die Not, die uns überkommen hat. Wir müssen mehr Güter mit dem unveränderlichen Kapital der nationalen Arbeitskraft schaffen, größere Werte mit der gleichen Leistung erzeugen, wenn wir einen Ausweg aus der Not finden sollen, die auf uns lastet. Zu diesem Ziel aber führt nur eine Straße: schöpferisch sein und aus dem Bestande unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnis neue Arbeitsweisen heraus-holen.

Darum lohnt es der Mühe, die Arbeitsweisen näher anzusehen und uns klarzumachen, was sie als Inhalt und Leistung heute bieten und vor zehn Jahren noch nicht geboten haben.

Über die ganze Breite unserer technischen Kultur kann der einzelne den Versuch nicht ausdehnen, weil er das Bleibende, Wertvolle nicht sicher genug beurteilt; aber das eigene Fach läßt jeden zur Prüfung ein und die Chemie ist ein gutes Fach wegen der zentralen Stellung, die sie technisch einnimmt. Spielt doch die Chemie in der wirtschaftlichen Rüstung der Völker die Rolle der Gelenke, die die einzelnen Teile miteinander verbinden und dem Ganzen Biegsamkeit und Brauchbarkeit geben. Alle gestaltende Behandlung des Materials, die der Ingenieur leistet, bleibt in den Grenzen gegebener Materialeigenschaften. Erst die Umwandlung der Eigenschaften eröffnet neue Welten, und alle solche Umwandlung ist Chemie.

In diesem großen chemischen Rahmen sehen wir überall einen hervortretenden Zug. Wir werden nämlich gewahr, daß die Gegenwart von

dem wissenschaftlichen Gedankengut der Vorkriegszeit lebt, das der Krieg nach vielen Richtungen zu beschleunigter Entwicklung gebracht hat. Neuen, in der Tiefe wirkenden Gedankenfortschritten ist weder der Krieg noch die Nachkriegszeit bei uns günstig gewesen. Die ganze Periode seit 1914 hat naturgemäß der Geluld und der Abseitigkeit der Gedanken vom Alltag entbehrt, die eine Voraussetzung der größeren gedanklichen Fortschritte sind. Aber die Treibhausatmosphäre des Augenblicksbedürfnisses, das mit unerhörter Dringlichkeit befriedigt sein will, ohne nach Ausgaben und Kosten zu fragen, hat aus vorgebildetem, gedanklichem Besitz einen Reichtum neuer Arbeitsweisen hervorgehen lassen und jetzt, nachdem sie einmal geschaffen sind, versuchen wir das erworbene Können für Zwecke des Friedens wirtschaftlich nutzbar zu machen.

Und diese Verwertung gelingt erstaunlich oft und erstaunlich gut.

Es ist schwer, die erfolgreichen Neuerungen abzuzählen und mit den Gegenständen statistisch zu vergleichen, in denen der Kriegsstfortschritt mit dem Kriegsende gestorben ist. Aber ich möchte glauben, daß die chemischen Verfahren von der Art der Glycerinherstellung durchgeformte Gärung, die unerwartet wie ein glänzendes Meteor entstanden und wieder verloschen ist, mehr die Ausnahme als die Regel unter den neuen chemischen Arbeitsweisen aus der Kriegszeit darstellen. Die Fälle scheinen mir zu überwiegen, bei denen die neue Schöpfung technisch bald unfruchtbar geblieben ist.

Sehen wir das Beispiel jünger Glycerindarstellung daraufhin an, warum das Verfahren entstand und verging.

Seit Dezennien erfolgt eine Verteilung der Fette in der Welt, bei der die Hauptmenge der menschlichen Ernährung und der kleinere Anteil der menschlichen Sauberkeit zugute gebracht wird. Nahrung und Seife stehen im Wettbewerb. Die Seife verbraucht die auf sie fallenden Fette nicht ganz, sondern nimmt nur die Fettsäure und läßt das Glycerin frei, das mit der Fettsäure im Fette verbunden ist und seinen Weg in zahlreiche verschiedenartige Gewerbe findet. Im Krieg aber trat bei uns wegen der chemischen Beschaffenheit unserer Artilleriemunition, die nicht ohne Nitroglycerin auskam, ein gewaltiges Glycerinbedürfnis auf, das aus dem Nebenerzeugnis der kleingestellten Seifenfabrikation nicht zu decken war. Die ganz knapp gewordene Fettversorgung wurde schwer bedroht und fast wie durch ein Wunder dadurch gerettet, daß die wohl

¹⁾ Vortrag, gehalten bei einer Veranstaltung des Reichspräsidenten am 20. März 1923.

theoretisch entwickelte, aber nicht fertig durchgearbeitete Biochemie der Gärvorgänge uns plötzlich eine Arbeitsweise an die Hand gab, um statt des Alkohols *Glycerin und Aldehyd aus der Zuckergärung* zu gewinnen. Mit dem Kriegsende ist das Bedürfnis verschwunden, das diese glänzende Aushilfe ins Leben gerufen hat. Die Seife, die wichtigste Grundlage unserer Volksgesundheit, trat wieder in ihr Recht, und das Glycerin wurde wie früher ihr nützlicher und auszeichnender Trabant.

Es ist leicht, diesem Beispiel die Beispiele des entgegengesetzten Verlaufes gegenüberzustellen.

Da gab es vor dem Kriege ein schüchtern hervortretendes Verfahren, um Staub aus leidlich langsamen Gasströmen dadurch zur Abscheidung zu bringen, daß man den staubhaltigen Gasstrom durch ein elektrisches Hochspannungsfeld führte. Ein weites Rohr bildete den Gasweg und ein längs seiner Achse gespannter Draht die Hochspannungselektrode. Dann kam im Kriege das Bedürfnis, die *Rauchfahnen*, die aus den Schornsteinen unserer Seefahrzeuge quollen und das Schiff dem Gegner auf weiteste Entfernung verrieten, zu beseitigen. An diesem ganz außerordentlich hohen Anspruch reifte das Verfahren, und als der Krieg vorüber war, hatte er eine Entwicklung dieser Technik gebracht, die soviel Leistungsfähigkeit in sich schloß und soviel Anwendungsmöglichkeit eröffnete, daß heute über hundert Anlagen in unserem Lande nach diesem Verfahren laufen und den Staub, der früher als verlorenes Gut von unseren Erzrösten, Tonerdefabriken, Zementanlagen und anderen mehr in die Luft ging und auf weite Strecken den landwirtschaftlichen Nutzen der Nachbarflächen beeinträchtigte, als wertvolle Mehrung des chemischen Erzeugnisses zurückhalten.

Die wissenschaftliche Grundlage liegt hier in den Vorkriegsuntersuchungen über die Spitzenentladungen und den elektrischen Wind, der sie begleitet.

Wir finden ein anderes eigenartiges Beispiel in der Auswirkung, die die Lehre von den Oberflächenkräften gehabt hat, die in den letzten Jahren vor dem Kriege ein eingehendes wissenschaftliches Studium erfahren haben. Hier ist sonderbarerweise der *Gaskrieg* das Mittelglied gewesen, das die ältere wissenschaftliche Grundlage mit den heute im Vordergrund des Interesses stehenden technischen Neuerungen verbunden hat. Der Gaskrieg, bewundert viel und viel gescholten, verdient in ruhigeren Tagen seine besondere Geschichtsschreibung, wegen der seltsamen massenpsychologischen und technischen Verwicklungen, zu denen er geführt hat. Hier interessiert nur, daß er in allen kriegführenden Staaten im Verlaufe des Krieges ein und dieselbe Abwehr geweckt hat, bestehend in der Benutzung eines *Filters*, durch das sich leicht hindurchatmen läßt, und das alle feinsten Mengen angreifender Bestandteile aus der hindurchtretenden Atemluft hinwegnimmt. Der Hauptbestandteil dieses Filters sind in allen Hauptländern übereinstimmend vervollkommnete, besonders wirksame Arten der *Kunstkohle* gewesen, die vermöge ihrer Oberflächenkräfte im Vorzuge vor allen anderen Stoffen die gestellte Aufgabe gegenüber den verschiedenartigsten Kampfgasen erfüllten. Mit dem Ende des Krieges hat man sich auf die zahlreichen Fälle besonnen, in denen wertvolle, gasförmige Bestandteile, wie Äther, Benzin, Alkohol in außerordentlicher Verdünnung bei industriellen Prozessen abgehen, und die Kohlen, die unsere Atemorgane geschützt haben, herangezogen, um mit diesem festen Adsorptionsmittel die früher verlorenen oder

unheimlich und unvollkommen gewonnenen Reste aus den Gasströmen herauszuziehen.

Die *Verdünnung der Stoffe* war von jeher die größte Quelle ihrer Entwertung. Das Gold im Meere, das alle Papierschulden der Gegenwartswelt tausendfältig überzahlen könnte, das Eisenerz in unserem Heimatboden sind Beispiele entscheidender Werte, die die Verdünnung uns unzugänglich macht. Ja, es gibt, genauer betrachtet, nichts, was an wertvollen Rohstoffen nach Art und Menge unserer heimischen Erde fehlte; wir haben alles, nur außer der Steinkohle und dem Kali, leider fast alles in entwertender Verdünnung. Die Kohle der Atemfilter ist das Beispiel für die Möglichkeit, die Grenze der Entwertung durch Verdünnung zurückzuschieben und das Zeugnis für die Bedeutung eines solchen Erfolges.

Der Nutzen dieser Kohlen hat sich noch über das Ursprungsbereich hinaus erstreckt. Eine hohe Umsatzzfähigkeit der an ihrer Oberfläche *verdichteten Gase* hat ihr zahlreiche Anwendungen als Kontaktstoff in der chemischen Industrie beschert, und selbst ihr staubförmiger Abfall ist zu hohen Ehren gekommen. Italien entfährt damit seinen Rohzucker, Frankreich den Wein, aus dem es Champagner macht, wir selbst Öle und Glycerin, und jeder Monat bringt neue Anwendungen und neuen Nutzen.

Die elektrische Entstaubung und die aktiven Kohlen kennzeichnen Feinhilfsmittel und Feinpräparate, die uns voranbringen. Aber nationaler Reichtum und allgemeine Hebung der Lebenshaltung läßt sich auf Feinprodukte und Feinhilfsmittel nur mit unendlicher Mühe gründen. Jeder Verbraucher vertritt ein Sonderbedürfnis, auf das die Arbeitsweise eingestellt werden muß. Nur die Überlegenheit im *Massenerzeugnis*, die sich auf dem breiten Markte entfaltet, gibt durchgreifende Siege.

Auch auf diesem Felde hat die Wissenschaft der Vorkriegszeit und die technische Anspannung der Kriegsjahre zu bedeutenden Auswirkungen geführt. Die Metalle, die Grundlage aller technischen Kultur, haben Fortschritte zu verzeichnen. Die Leichtmetalle *Aluminium und Magnesium*, für deren Gewinnung unser Land unbeschränkt Möglichkeiten bietet, sind in die Form von geeigneten Legierungen gebracht worden, deren mechanische Eigenschaften und deren Widerstandsfähigkeit gegen Luft und Wasser Schwermetalle ausländischer Herkunft erfolgreich zu ersetzen erlaubt. Das auffallendste Beispiel ist die Verdrängung des Rotgusses durch die leichte Legierung von Silicium und Aluminium, die in ihrer feinkörnigen Form die klassische schwere Kupferlegierung erfolgreich ersetzt. Der Erfolg ist hier aufgebaut auf der Lehre von der Metallstruktur und ihrer Abhängigkeit von Herstellungsweise und Nebenbestandteilen, die man mit den Hilfsmitteln der Metallographie in den Jahren vor dem Kriege zu verfolgen gelernt hat.

Schließlich als letztes Einzelbeispiel der *Stickstoff*, der uns als ein Ausfluß der präparativen und der physikalischen Chemie aus der Luft zugänglich geworden ist. Seine heimische Erzeugung hat uns von der großen Einfuhr aus Chile unabhängig gemacht, die der Krieg abgeschnitten hat und die wir in der Nachkriegszeit nicht wieder aufzunehmen brauchen, obwohl der landwirtschaftliche Bedarf heute sehr viel größer ist als vor dem Kriege. Ich verweile nicht bei diesem Fortschritt, weil er durch hundert Zeitungsartikel der allgemeinen Beachtung nahegerückt worden ist. Nur einen Gesichtspunkt möchte ich in diesem Zusammenhange betonen. Die Überlegenheit im Können bei der

Herstellung der Massenprodukte macht in friedlichen Zeiten das schöpferische Land zum Weltmittelpunkt und sichert ihm als Lohn seiner geistigen Führertätigkeit den Ausfuhrmarkt über die Erde. Der Besiegte dem die ausländischen Schutzrechte geraubt, die Ausführungseinzelheiten unter dem Druck der Waffen von den Angehörigen der wirtschaftlichen Konkurrenz mächte entwendet worden sind, vermag aus dem gleichen Fortschritt nicht den gleichen Nutzen zu ziehen. Vollends wenn die Nachwirkung des Krieges unter den Nationen eine so dringende Besorgnis vor neuen Kriegen geschaffen hat, wie jetzt entsteht ein ungeheurer Druck, der von allen Seiten wirkt und zur Sicherung der eigenen Landesverteidigung die Übertragung aller neuen und kriegsnützlichen Verfahren aus Deutschland nach der eigenen Scholle fördert. Militärische und Industrieinteressen des Auslandes wirken zusammen und verhindern, daß der Fortschritt unser Vorrecht bleibt und uns den wirtschaftlichen Erfolg bringt, der mit einer Monopolstellung verbunden ist.

Die beiden Beispiele der Leichtmetalllegierungen und des Stickstoffs erschöpfen nicht die Nachkriegsfortschritte chemischer Massenerzeugung, die auf dem Boden der Vorkriegswissenschaft und der technischen Entwicklung in der Kriegszeit stehen. Der ganze klassische Zusammenhang unserer anorganischen Haupterzeugnisse, der Schwefelsäure, Salzsäure, des Glaubersalzes und der Salpetersäure, ist umgeschaffen worden. Wir haben gelernt, die Salzsäure nicht mehr mit Schwefelsäure aus dem Kochsalz zu machen, sondern das elektrolytische Chlor mit dem daneben entstehenden Wasserstoff zu Salzsäure zu verbrennen. Weil wir das Kochsalz nicht mehr mit Schwefelsäure zersetzen, verschwindet das Glaubersalz, das dabei entstand, als Erzeugnis der eigentlichen chemischen Industrie, und seine Herstellung geht an die Kupferhütten und vornehmlich an die Kaliwerke über, die es bisher als Abfallprodukt angesehen und nicht aufarbeitungswürdig gefunden haben. Die Salpetersäure kommt nicht mehr aus dem Salpeter, den wir mit Schwefelsäure umsetzen, sondern aus der Verbrennung des Ammoniaks, ja, die Schwefelsäure selber verändert, wenn auch zögernd und naturgemäß nur zu einem Bruchteile, ihren Entstehungsweg und wird in merklichem Umfange einerseits aus den früher nach Menge und Gehalt unregelmäßigen Abgasen der Hütte, anderenteils aus dem heimischen Gips als ein Nebenprodukt des Zementes zugänglich.

So läßt sich Fortschritt nach Fortschritt aufzählen, und es ist eine tröstliche Reihe; denn sie zeigt neues Leben, das aus der Zerstörung emporwächst. Es ist auch eine fruchtbare Reihe; denn sie ist in allen Gliedern dadurch gekennzeichnet, daß Abfall nutzbar gemacht und aus naturwissenschaftlicher Erkenntnis durch technischen Geist vermehrter Wert mit gleicher Arbeit herausgeholt wird. Sie ist doppelt fruchtbar für uns, weil jedes Glied einen Schritt zur Autarkie, einen gewonnenen Punkt bei dem Versuche bedeutet, aus den eigenen Rohstoffen wirtschaftlich zu leben.

Aber es ist eine unzulängliche Reihe. Wir erobern die wirtschaftliche Welt nicht zurück, gewinnen unsere frühere Führerstellung nicht wieder, ohne daß sie sich fortsetzt durch neue, vermehrte, größere Schöpfungen, und wir brauchen diese Wiedereroberung!

Denn dieser soziale Staat, den die Revolution an die Stelle der Vergangenheit gesetzt hat, dieser Staat, der nach seinem ganzen Wesen den höheren Lebensanspruch der breiten handarbeitenden Schichten bejaht und den gerechten Ausgleich für unerhörte Leistungen des Volkes im Kriege darin sieht, daß er allen, die die gleichen natürlichen Gaben haben, den Aufstieg gleich leicht macht und allen, die hilfsbedürftig sind, seine Unterstützung gewährt, dieser Staat ist ein außerordentlich teurer Staat. Von außen um Leistungen gepeinig und im Innern durch Forderungen gedrängt, die er erfüllen muß, wenn er sich nicht selbst aufgeben will, muß er den ständigen Fortschritt in den Arbeitsweisen und Tätigkeiten haben, und er kann ihn nur durch die Fortschritte der Wissenschaft erlangen.

Die Vergangenheit, in der wir so reich waren, hat ein großes Unglück bei uns gezeitigt. Weil es so viele wundervolle Einzelheiten gab, aus denen sich unsere technische Leistung zusammensetzte, haben wir einen Reichtum an Menschen herangebildet, die die Einzelheiten meisterlich verstehen und jeden Tag alle Antwort wissen auf die Frage, was an ihren Einzelaufgaben morgen getan werden soll. Aber alle diese Menschen, die nie fehlgreifen, wenn es sich um das handelt, was in ihrem beschränkten Wirkungskreise von einem Tag auf den andern Nützliches geschehen kann, zeigen Unlust oder Unvermögen, die breitere Entwicklung auf ein Jahrzehnt hinaus zu überlegen. Weil es im Augenblick noch reicht mit dem Wissenschaftsinhalt der Technik, und die naturwissenschaftliche Kraft, die in dem Ganzen steckt, sich im Täglichen noch auswirkt, so glauben sie, daß es auch weitergehen wird, und es scheint ihnen dringlichere Dinge zu geben als die Wissenschaftspflege in dieser furchtbar verarmten Zeit. Sie leugnen nicht, daß unser Staat, wie er ist, auf dem technischen Können beruht und auf absehbare Zeit darauf beruhen wird, aber sie sehen in einer Periode, in der alles irgend Entbehrliche kleingestellt werden muß, den Wissenschaftsbetrieb nicht als das völlig Unentbehrliche an.

In Wahrheit ist er aber das Unentbehrlichste von allem. Denn er ist das Saatgut, und die Sparsamkeit an dieser Stelle gleicht der Weisheit des Landwirts, der seine halben Saatkartoffeln mit der Überzeugung aufißt: es wird auch so genug wachsen!

Heute aber ist der Augenblick für diesen Notfall. Denn die letzten Monate haben die Sorge plötzlich vervielfacht. Als es in Deutschland bequem war, mit fünf Dollar im Monat zu leben, ergänzten die Spenden unserer Freunde im Auslande die Hilfe, die Reich und Länder einsichtsvoll der Wissenschaft zuteil werden zu lassen bestrebt waren. Solange es so aussah, als ob Frankreich statt unseres letzten Geldes verständige Worte nehmen werde, half uns die eigene Indu-

strie. Das ist vorbei. Heute kostet der Wissenschaftsbetrieb bei uns so viel wie in den angelsächsischen Ländern, und hinter dem Glanz hoher Markziffern steckt keine größere Kaufkraft, als der Devisenkurs ergibt. Heute kann nichts mehr

helfen als der Wille der Gesamtheit, die Saatkartoffeln zu sparen, so knapp auch der Tisch bestellt ist, und ihr müßt entscheiden, zu welchem Teile ihr sie aufessen wollt, um künftig dreifach zu hungern!

Über Pseudo-Hochvakuum.

Von Paul Knipping, z. Z. Heidelberg.

Inhalt:

Erscheinungen:

1. Röntgenröhren (Regenerierung);
2. eigene Versuche mit Helium;
3. desgl. mit Quecksilberdampf-Wasserstoff

Erklärungsversuche:

4. durch Störungen in der Entladungsbahn. Kontaktpotential, Doppelschicht, Raumladung, Gas-haut;
5. durch Gasinhalt, Gasart.

Eigene Versuche:

6. Rolle des Wasserdampfes;
7. Rolle des positiven Wasserstoffkerns allgemein;
8. in bezug auf seine Elektronenaffinität;
9. Wirkung der Regeneriervorrichtungen.

Unter Pseudo-Hochvakuum versteht man eine Erscheinung, die man nicht allzu selten Gelegenheit hat bei elektrischen Entladungsröhren zu beobachten. Das Wesentliche dabei ist, daß in einem solchen Rohr sich Gase unter einem Druck befinden, der die selbständige Entladung erlaubt, daß aber dennoch trotz hoher, ja höchster angelegter Spannungen ein Stromdurchgang durch das Gas unter keinen Umständen erzwungen werden kann.

1. Derartigen Phänomenen begegnete man wohl zuerst bei den Röntgenröhren alter Bauart, bei denen der Strom durch Ionen unterhalten wird. In einer solchen ist der Gasdruck vielleicht zwischen 0,01 und 0,001 mm, und zwar wird bei hohem Druck weiche, bei niederem harte Strahlung erzeugt. Befindet sich das Rohr im Betrieb, so wird der Druck durch zwei in entgegengesetztem Sinn wirkende Einflüsse geändert. Der erste ist ein Verschwinden des Gases, hervorgerufen durch das Zerstäuben der Metallelektroden. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich bei diesem Vorgang um ein mechanisches Überkleben oder Einmauern von Gasteilchen an der Gefäßwand, oder ob es sich um chemische Vereinigung zwischen weggeschleuderten Metallteilchen und getroffenen Gasteilchen oder schließlich um eine Art halb-chemischer Bindung handelt. Der zweite Faktor ist der Gasaustritt, also ein Druckanstieg, als Folge der Erwärmung des Rohres und seiner Elektroden. Bei einer ganz bestimmten Belastung findet volle Kompensation der beiden druckändernden Erscheinungen statt, und die gewünschte Strahlenhärte bleibt erhalten.

Je älter eine Röntgenröhre wird, um so weniger Gas können ihre Elektroden abgeben, und man muß ihre Belastung — soll Kompensation stattfinden — heraufsetzen, wobei man selbst-

redend eine gewisse Grenze nicht überschreiten kann. So wird man dazu gezwungen, das weitere Hartwerden durch künstliches Gaseinlassen zu bekämpfen, und man macht dies mit den sogenannten „Regeneriervorrichtungen“, etwa in der Weise, daß man Ströme durch viel Gase gebunden enthaltende Substanzen (wie Glimmer) leitet und die dort absorbiert gewesenen Gase freimacht. Diese Vorrichtung befindet sich in einem seitlichen Ansatz an der Röntgenröhre.

Man macht sie außerdem in der Regel „automatisch“, d. h. man richtet sie so ein, daß sie nach Erreichung eines gewissen Härtegrades von selbst durch einen Teilstrom des Röntgenstromes so lange in Betrieb gesetzt wird, bis der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt ist.

Eine andere Regeneriermethode macht von der bedingten Durchlässigkeit der Platinmetalle, speziell des Palladiums, für Wasserstoff Gebrauch. Ein einseitig verschlossenes Palladiumröhrchen ist mit seinem offenen Ende in die Glaswand der Röntgenröhre eingeschmolzen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es für alle Gase undurchdringlich. Wird es aber zur Glut erhitzt, so diffundiert Wasserstoff aus der erhitzenden Flamme durch seine Wand in die Röntgenröhre. Eine dritte, auch oft zur Anwendung kommende Vorrichtung ist das Bauerventil, ein wirkliches Ventil, dessen Ventilsitz und zugleich -öffnung durch eine winzige Tonplatte, dessen Ventilteller durch ein Quecksilbertröpfchen dargestellt wird. Dieses Tröpfchen bedeckt für gewöhnlich die Tonplatte, durch dessen Kapillaren es trotz des auf ihm ruhenden Atmosphärendruckes — aus Gründen der Oberflächenspannung — nicht hindurch kann; schiebt man es beiseite, so vermag Luft durch die Poren in das Vakuum hineinzusickern.

Wenn durch eine dieser Vorkehrungen der Gasdruck in der Röhre auf den alten, richtigen Wert eingestellt ist, so tut sie zwar eine Zeitlang ihre Schuldigkeit. Aber nach einer Weile wird sie doch härter, und man muß abermals regenerieren. Dieses periodische Spiel: „Härte richtig — zu hart — Gas einlassen — Härte richtig“ kann lange Zeit hindurch fortgesetzt werden, die Röhre bleibt, wenn auch unter steter Nachhilfe, arbeitsfähig. Aber mit der Zeit wird die Periode immer kürzer und kürzer, die einzulassende Gasmenge immer größer und größer. Endlich kommt man an einen Punkt, an dem die Härte trotz allen Gaseinlassens so steigt, bis zuletzt gar kein Strom mehr durch die Röhre hindurchgeht.

Man kann bei jeder Regeneriervorrichtung ziemlich genau angeben, wieviel Gas sie in einer gewissen Zeit in die Röntgenröhre hineinbringt. Ein bestimmtes Palladiumröhrchen muß beispielsweise 5 Sekunden geglüht werden, wenn der Druck im Rohr von 0,001 auf 0,01 mm steigen soll. Ein wie oben beschrieben aufgebrauchtes Röntgenrohr *müßte* also wieder betriebsfähig werden, wenn man mit seiner Regenerierung einen derartigen Druck einstellt. Man kann aber den Druck jetzt bei weitem höher steigen lassen, ja man kann Hunderttausende von Volt anlegen: die Röhre leitet nicht mehr, das Pseudo-Hochvakuum ist da.

Eine jede Röntgenröhre, die nicht durch Bruch vorzeitig stirbt, geht auf diese Weise ihrem Ende zu. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man auf zwei Weisen solche Leichen wieder zum Leben bringen kann: einmal durch energisches Erwärmen der Glaswand der Kugel, wodurch die Gase, die durch Zerstäubung der Elektroden dort festgehalten waren, teilweise losgelöst werden. Dieses Verfahren hat (von der Gefahr des Zerspringens ganz abgesehen) keinen dauernden und obendrein nur einen höchst mangelhaften Erfolg, weil meist so reichliche Gasmengen freiwerden, daß die Röhre hochgradig weich und dadurch unbrauchbar wird. Besser läßt sich die unbrauchbar gewordene dadurch wieder verwendbar machen, daß man sie an ihrer Abschmelzstelle öffnet; einige Zeit mit Luft gefüllt stehen läßt und dann neu evakuiert. Bekanntlich hat man, um von der Abhängigkeit der Strahlenhärte vom Gasdruck freizuwerden, schließlich ganz auf das Gas und seine Ionen verzichtet und bekommt die Kathodenstrahlteilchen aus einem Glühdraht (Wehnelt, Lilienfeld, Fürstenau, Coolidge).

Es erhebt sich zunächst die Frage: kommt ein derartiges merkwürdiges Verhalten eines Gases, nämlich sein Unvermögen, den Strom zu leiten, auch in anderen Fällen wie bei Röntgenröhren, Gleichrichtern und ähnlichen Röhren vor? Und liegt die Ursache nicht möglicherweise an einem Unbrauchbarwerden der Regeneriervorrichtungen? Dies ist nachweislich nicht der Fall, die erste Frage ist mit „ja“ zu beantworten. Aus meiner Praxis möchte ich zwei dahingehörige Fälle zunächst beschreiben.

2. Bei Gelegenheit meiner Untersuchungen nach der Methode des Elektronenstoßes¹⁾ wurde ein großes Glasrohr benutzt, in welchem sich die Vorrichtungen zum Hervorbringen von Stößelektronen (Glühdraht usw.), zum Nachweis des Lichtes und der Ionen befanden. Dieses Gefäß stand in direkter kurzer Verbindung mit zwei Hartglasrohren, einem McLeod, nach Bedarf mit den Pumpen und dem Heliumreservoir. Dieses Gas hatte ich aus Monazitsand hergestellt, es war nahezu spektralrein. Von den beiden Hartglasrohren war die eine mit etwas Absorptionskohle,

die andere mit einigen Gramm Chabasit gefüllt. Beide wurden samt Glasapparat und McLeod scharf evakuiert, dabei der Glühdraht heftig geglüht, der Apparat im elektrischen Ofen auf 330 bis 350° C, das Kohlerohr auf helle Rotglut, das Chabasitrohr zu Beginn und Ende der ganzen Heizperiode kurz auf etwa 500°, dazwischen auf 100° erhitzt. Im Vakuum wurde das Quecksilber des entsprechend eingerichteten McLeod ausgekocht, seine Glasteile und alle Verbindungen, die nicht elektrisch geheizt werden konnten, bis auf Hähne und Schiffe, mit Gasflammen mehrfach hoch erhitzt. Die gesamte Heizdauer betrug mehr als 20 Stunden. Nach völligem Erkalten war das Vakuum so gut, daß das Quecksilber in der Kapillare des McLeod klebte, wenn seine freie Oberfläche im anderen Rohr 15–20 cm tiefer stand, also ein negativer Druck von $\frac{1}{4}$ Atmosphäre. Dank der tadellosen Hähne und Schiffe blieb dieses Vakuum, wenn auch nicht in dieser Höhe, aber doch nach 24 Stunden unmeßbar klein. Nun wurde in dieses System Helium eingelassen, welches vorher 24 Stunden über Kohle in flüssiger Luft gestanden hatte, bis der Druck gegen 1 mm Hg betrug. Dieses Gas wurde nun der Untersuchung in bezug auf seine Anregungsspannungen und Ionisierungsspannung unterworfen, über die hier hinweggegangen wird. Da nach dem damaligen Stand des Wissens der Glühdraht im Apparat, auch wenn er vorher lange und aufs höchste im Vakuum geglüht war, später doch gewisse Mengen von Wasserstoff abgeben sollte, war das Chabasitrohr angebracht. Dieser Körper hat, wie Seliger²⁾ gezeigt hat, die Gabe, gerade Wasserstoff stark zu absorbieren. Demgemäß war das Chabasitrohr in flüssiger Luft gekühlt. Das gleicherweise gekühlte Kohlerohr hatte die Aufgabe, Hahnfett (Ramsay-) und ähnliche Verunreinigungen (eine aufgekittete Quarzplatte) festzuhalten. Außerdem schlug sich an den oberen Teilen der gekühlten Rohre der Quecksilberdampf aus den Schiffen und dem McLeod (das aber nach Feststellung des Druckes abgesperrt war) nieder, so daß praktisch nur reines Helium zugegen war. Die flüssige Luft befand sich in verkupferten Thermosflaschen, die — weit besser als die alten versilberten — von der Auergesellschaft dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem — wo diese Arbeit ausgeführt wurde — billigst geliefert waren. In vielen dieser Gefäße hielt sich die Luft drei Tage. In unserm Fall wurde jeden Morgen neue Luft nachgefüllt, wobei die Flaschen an ihrem Ort blieben, so daß Substanzen, die einmal dort in der Kohle oder dem Chabasit gebunden waren, wirklich dauernd festgehalten blieben.

Seitwärts an diesem Apparat befand sich ein bisher noch nicht erwähntes Spektralrohr gewöhnlicher Art. Zwei 4 cm lange, $1\frac{1}{2}$ cm weite Röhren waren durch eine Kapillare von 1 mm

¹⁾ Erscheint demnächst.

²⁾ Zeitschr. f. Physik 4, 194, 1921.

Durchmesser und 5 cm Länge verbunden. Die Elektroden, zwei Aluminiumdrähte, hatte ich mit Platin eingeschmolzen. Das Rohr wurde von einem kleinen Transformator gespeist (Mtr. 120/12 000 Volt von Siemens & Halske, maximal 300 Watt). Er war primär über einen Widerstand von 50–200 Ohm an die 220-Volt-Wechselstromleitung angeschlossen und lieferte sekundär Spannungen von einigen Tausend Volt an die Geißleröhre, die dann (ohne wärmer als vielleicht 50° zu werden) das schönste Heliumspektrum zeigte. Das Rohr war angebracht, um jederzeit die Gasfüllung auf Reinheit kontrollieren zu können. Um sicher zu sein, daß aus diesem Spektralrohr keine Verunreinigungen in das Helium übergangen, war das Rohr gleichfalls in einem elektrischen Ofen stundenlang auf 350° bei gleichzeitigem höchstem Stromdurchgang erhitzt. Außerdem war früher folgender Vorversuch angestellt, gleichzeitig in der Absicht, ein anderes Spektralrohr mit reinem Helium zu füllen.

Vorversuch: Es wurde ein Spektralrohr ganz wie das vorhin angegebene geblasen, parallel zu ihm in etwa 7 cm Abstand ein unten geschlos-

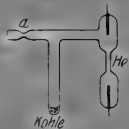


Fig. 1. Spektralrohr mit Heliumfüllung und angeschmolzenem Kohlerohr. — a Abschmelzstelle.

nes Rohr angesetzt (s. Fig. 1), in dem sich eine Wenigkeit Absorptionskohle befand. Dieses Doppelrohr war an die Apparatur an einer passenden Stelle in wagerechter Lage angeschmolzen, mit einem Asbeststück mit etwas herabgebogenen Rändern bedeckt und unter Stromdurchgang und zweistündigem Erhitzen auf 250–300° durch daruntergestellte Gasflämmchen evakuiert. Nach dem Erkalten wurde über gekühlter Kohle gestandenes Helium eingelassen, bis die Leuchterscheinung möglichst hell war, und dann das Spektralrohr mit dem daneben befindlichen Kohlerohr abgeschmolzen. Das Spektrum zeigte — okular betrachtet — aufs hellste die Heliumlinien, daneben schwach, aber noch gut sichtbar, Liniengruppen oder Banden, die von Kohlenwasserstoffen herrühren konnten oder das Viellinienspektrum des Wasserstoffs waren. Um die Verunreinigungen zu bestimmen, wurde eine Aufnahme mit einem großen Hilgerschen Spektrographen mit Wellenlängenteilung gemacht, wozu eine Belichtungszeit von 2–3 Stunden notwendig gewesen wäre. Indessen, bereits nach 10 Minuten fing das Spektrum der Verunreinigungen — okular gesehen — an, merklich schwächer zu werden und war nach 25 Minuten vollkommen verschwunden. Auf der Platte fand sich keine Spur davon, nur die bekannten Heliumlinien und Spuren von Quecksilber. Dieser Versuch wurde, was aus-

drücklich bemerkt werden muß, ohne Kühlung des Kohlerohrs gemacht. Es war also allein durch Zerstäubung des Elektrodenmaterials eine vollkommene Beseitigung der Verunreinigungen eingetreten, das Kohlerohr war, was nicht vorausgesehen werden konnte, überflüssig geworden. Die Röhre, die jetzt mehrere Jahre alt ist und oft zum Eichern von Spektrographen gedient hat, gibt immer noch dasselbe helle, reine Heliumspektrum.

Aus dem Vorversuch mag man sehen, daß das seitwärts an den Ionisierungsapparat geschmolzene Spektralrohr, von Anfang an noch sorgfältiger wie das Proberohr behandelt, kaum das Helium verunreinigt haben kann.

Wir kehren nun zu unserm alten Ionisierungsapparat zurück, der sich längere Zeit hindurch in Tätigkeit befand. Dabei war, wie vorhin gesagt, das Helium durch dauernde Kühlung rein gehalten worden. Als ich nun eines Tages das seitlich angeschmolzene Spektralrohr in Tätigkeit setzen wollte, versagte es seinen Dienst. Eine sofortige Prüfung der sekundären Zuleitungen zeigte durch lebhaftes Funken, daß der Transformator in Ordnung war. Auch war mit Sicherheit Kontakt zum Spektralrohr vorhanden. Ich schaltete ein und aus und variierte die Sekundärspannung: das Spektralrohr blieb dunkel. Nach solchen vergeblichen Versuchen von vielleicht einer halben Minute Zeitdauer setzte plötzlich das Heliumleuchten ein, als ob vorher kein Strom vorhanden gewesen wäre. Hätte ich die Zuleitungen verlötet und sekundär ein Braunsch oder ähnliches Elektrometer angeschaltet gehabt, so wäre ein Zweifel über ein dem Pseudo-Hochvakuum ähnliches Phänomen unmöglich gewesen. Leider hatte ich ein derartiges Instrument nicht zur Hand. An diesem Tage konnte die Röhre, nachdem sie erst einmal gezündet hatte, jederzeit wieder von neuem zum Leuchten gebracht werden. Aber am anderen Tag blieb sie nach dem Einschalten wieder dunkel und brauchte etwa 10 Sekunden zur Zündung. Nach einer mehrstündigen Ruhepause brauchte sie wieder 1–2 Sekunden zur erneuten Zündung.

Nun war jeder Zweifel über das Vorhandensein eines Pseudo-Hochvakuums ausgeschlossen. Auch zu späteren Zeiten habe ich die Erscheinung zu wiederholten Malen zu beobachten Gelegenheit gehabt. Nachdem die eigentlichen Ionisierungsversuche abgebrochen waren, wurde die Verbindung zum McLeod wiederhergestellt und in ihm der gleiche Druck wie zu Anfang der Versuche, etwa 1 mm Hg, festgestellt. Wir verzeichnen zunächst als Tatsache, daß durch wirklich reines Helium von etwa 1 mm Druck keine elektrische Entladung (von 2–3000 Volt) hindurchging.

3. Dann gehen wir zum zweiten Fall über, bei dem eine ähnliche Erscheinung in einem Gemisch von Wasserstoff und Quecksilberdampf beobachtet wurde. Fig. 2a veranschaulicht die Pump-

einrichtung, die bei allen Versuchen Verwendung fand. Das Pumpensystem P geht einerseits über Hahn 1 zur Vorpumpe, einer Gädesehen Kapselpumpe, andererseits zum Ionisierungsapparat A mit seinen Nebenteilen. An einer Stelle ist dort das Palladiumrohr Pd angeschmolzen. Eine (gestrichelt gezeichnete) Umwegleitung verbindet die Röhren vor und hinter dem Pumpensystem. In ihr liegt, nach beiden Seiten durch die Hähne 2 und 3 abtrennbar, das „Hoch-Vorvakuum“ von etwa 2 Litern Inhalt. Die Einrichtung wird in folgender Weise gehandhabt: bei geschlossenem Hahn 2 (Hähne α und β denke man weg) wird durch die Kapselpumpe das ganze System auf rund 0,1 mm Hg. durch die Volmerpumpen der Apparat A und das Hoch-Vorvakuum HVV auf weniger als 0,00001 mm Hg entleert. Nun wird

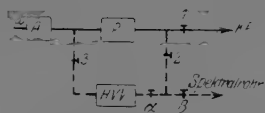


Fig. 2 a. Schaltung des Hoch-Vorvakuums.

1, 2, 3, α , β : Hähne, A: Versuchsapparat,
KP: Kapselpumpe, Pd: Palladiumrohr,
P: Stufenstrahlpumpe, HVV: Hoch-Vorvakuum

Hahn 1 und 3 geschlossen, 2 geöffnet und dadurch das „schlechte“ Vorvakuum durch ein sehr viel besseres ersetzt. Der Grund für diese Maßnahme lag in der Erkenntnis, daß die Pumpleistung mit der Güte des Vorvakuums Hand in Hand geht: je höher dieses, um so schneller und vollkommener arbeiten die Pumpen. Dies gilt (weniger für die heute meist verwendeten Aggregate) besonders für die „Stufenstrahlpumpe“, von der ich ein selten gutes Exemplar seit 1919 besitze.



Fig. 2 b. Hg-Spektralrohr.

Die besprochene Einrichtung hatte ich monatelang im Betrieb, ehe ich erfuhr, daß von anderer Seite Patente auf ähnliche Dinge angemeldet wurden.

Es sei noch erwähnt, daß — wie leicht einzusehen ist — die Güte des „Hoch-Vorvakuums“ von der Kleinheit des „schädlichen“ Raumes zwischen der Pumpe und den Hähnen 1 und 2 abhängig ist.

Zu irgendeinem Zweck hatte ich ein Spektralrohr, dessen Form aus der Skizze Fig. 2 b ersichtlich ist, an der Umwegleitung angeschmolzen. Es war mit etwas Quecksilber versehen und sollte jetzt mit einigen Millimeter Wasserstoff gefüllt werden. Bei geschlossenem Hahn 2 und geöffneten Hähnen α und β wurde alles auf 0,000001 mm Hg evakuiert und dabei das Spektralrohr auf den Siedepunkt des Quecksilbers anhaltend erhitzt.

Nach dem Erkalten werden die Hähne 1, 3 und 3 geschlossen, Hahn 2 geöffnet, dann geht der Inhalt des schädlichen Raumes von P bis 1 und 2 (rund 2 cm), der unter 0,1 mm Druck stand, zu 999/1000 nach dem Hoch-Vorvakuum, das nun bei α abgesperrt wird. Öffnet man darauf 3, so füllt sich das Spektralrohr mit dem Rest des Gases aus dem schädlichen Raum und kommt so auf einen Druck von höchstens 0,0001 mm Hg. Wenn jetzt das Palladiumrohr Pd zur Glut gebracht wird, so schaffen die Pumpen den Wasserstoff in das Spektralrohr, welches bei β abgesperrt wird, wenn ein Gasdruck von einigen Millimetern erreicht ist. Darauf wird der bei den Heliumversuchen vorn erwähnte Wechselstromtransformator an das Spektralrohr gelegt und eingeschaltet: keine Spur von Leuchten. Das Quecksilber wird in beiden Schenkeln des Rohres bis zum Sieden erhitzt: gleichfalls ohne Erfolg. Also haben wir abermals eine Pseudo-Hochvakuumerscheinung vor uns, und auf keine Weise war der Stromdurchgang durch das Gemisch von Wasserstoff und Quecksilberdampf zu erzwingen. Das Rohr mußte mit Luft gefüllt werden, dann wurde das Quecksilber nicht ausgekocht, evakuiert und auf dem Wege 3—HVV— α —3 Wasserstoff eingeführt: nun leuchtete das Gas normal, und die Röhre konnte abgeschmolzen werden.

Wer für gewöhnlich Spektralröhren herstellt, tut dies in einfacherer Weise. Hier geschah die Arbeit nur nebenbei und wie es sich gerade bequem mit vorhandenen Mitteln und Leitungen einrichten ließ, und nur durch Zufall wurden beide Male die beschriebenen Erscheinungen beobachtet. Die Beschreibung der experimentellen Einzelheiten habe ich deswegen gebracht, um beim Leser auftauchende Bedenken über die Zuverlässigkeit der Versuche im Keime zu ersticken.

4. Fassen wir die Erfahrungstatsachen zusammen, so können wir sagen: Im absoluten Vakuum können selbstverständlich Ströme überhaupt nicht zustandekommen. In Gasen kommen in der Regel Ströme zustande. Es können aber *Abnahmen* von dieser Regel eintreten, in denen *in der Strombahn* etwas vorhanden ist, was zum *Aufheben* der Leitfähigkeit führt, oder etwas fehlt, was für den Stromdurchgang notwendig ist. Was dieses „Etwas“ ist, darüber sind verschiedene Vermutungen laut geworden. Das Kontaktpotential kennen wir alle: es spielte bei den Voltaschen Fundamentalversuchen beispielsweise eine gewisse Rolle. Bei Gasentladungen kommen außerdem noch die sog. Doppelschicht und die Raumladung in Frage. Diese drei Größen können als Störungsschichten beim Stromdurchgang aufgefaßt werden. Von den beiden ersten wissen wir, daß sie zahlenmäßig nicht mehr als einige Volt sein können, sie scheiden also bei der Erklärung des Pseudo-Hochvakuum von vornherein aus. Das Wesen der Raumladung (s. auch später!) scheint uns bis heute noch nicht so weit geklärt, daß sie mit Aussicht auf Erfolg zur Deutung des Phänomens

herangezogen werden könnte. Dies gilt auch für die sog. *Gashaut*, die das Innere einer jeden Vakuumröhre überziehen und die für einen geregelten Stromdurchgang unerlässlich sein soll. Sie wird durch den Gasverbrauch beim Betrieb aufgezehrt und erzeugt dann das Pseudo-Hochvakuum. Wir werden später sehen, daß man an diesen Deutungsversuch anknüpfen kann. Zur Stützung der genannten Erklärungsversuche sind mehrfach, auch in neuester Zeit, Experimente mit Doppelröhren oder mit Röhren, die doppelte Elektroden enthalten, angestellt, denen jedoch keine rechte Überzeugungskraft zukommt. Leider kann ich hierzu keine Literaturnachweise bringen, da mir zurzeit meine früheren Aufzeichnungen über diesen Gegenstand unerschöpflich sind.

Andere Forscher glaubten die *Gasart* in gewisser Weise für das Phänomen verantwortlich machen zu müssen. Leider wissen wir — trotz vieler darauf gerichteter Bemühungen — immer noch nicht Bescheid über die Vorgänge in einer ganz gewöhnlichen Entladungsröhre, über die Bedeutung der Glimmschichten und Dunkelräume. Nehmen wir aber einmal an, der Stromdurchgang sei eine wesentliche Folge des Aufprallens von negativen Ionen auf die Anode (oder auch, wenn man das Gegenteil für richtiger ansieht, des Auftreffens der positiven Ionen auf die Kathode). Dann und nur dann tritt Zündung ein, wenn solche „freien“ Ionen vorhanden sind. Zweifels- ohne werden sie zum Teil auf Rechnung der durchdringenden γ -Strahlung zu setzen sein. Jedenfalls, wenn derartige Ionen fehlen oder nicht hervorgebracht werden können, kann Zündung nicht eintreten, und man hat das Pseudo-Hochvakuum. Da einerseits die durchdringende Strahlung überall vorhanden ist, andererseits Pseudo-Hochvakuum in Luft, Wasserstoff, Helium und Quecksilberdampf auftrat, so kann es sich *nicht um Ionen dieser Gasarten handeln, sondern es müssen ganz bestimmte, bisher noch unbekannte Ionen sein*. Früher hieß es gelegentlich, elektro-negative Gase begünstigten den Stromübergang. Das könnte wohl der Fall sein, wie sich nachher zeigen wird, und das würde heißen, daß in solchen Gasen leicht Ionen der genannten Art vorkommen können. Wir haben aber keine Kenntnis von hierher gehörenden Versuchen und kommen jetzt zu eigenen, die wohl Licht auf den ganzen Fragenkomplex werfen können.

6. Anschließend an meine Untersuchungen über die Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe³⁾ habe ich Messungen an verschiedenen Stoffen angestellt, über die an anderer Stelle berichtet wird. Hierbei trat ein auffallend starker Einfluß kleiner Wasserdampfmen gen zutage, und zwar in einer Weise, daß kritische Potentiale gefunden wurden, die in auffälliger Nähe der bekannten Werte des Wasserstoffs lagen. Dies gab

Veranlassung, Ionisierungsversuche an Wasserdampf selbst anzustellen, in der Hoffnung, bei dieser Gelegenheit auch die Frage der Dissoziation und Ionisation des Wasserstoffes zu einer Klärung zu bringen, eine Frage, die allen bisherigen Bemühungen über diesen Gegenstand zum Trotz immer noch offen ist.

Ein Resultat meiner Versuche war die Erkenntnis, daß der Wasserdampf schon von einem recht geringen Dampfdruck an alle Elektronen, die etwa aus einem Glühdraht kommen, einfach „aufließt“, ein recht rätselhafter Vorgang, der übrigens schon früher gelegentlich von anderer Seite beobachtet war, ohne daß man ihm ein besonderes Interesse beimaß. Wir hätten hier die Verbindung zu einem früher geäußerten Gedanken: Hier ist „etwas“ vorhanden, was zum Aufhören der Leitfähigkeit führt. Bei näherem Zusehen kommt man indessen zu dem Schluß, daß auf diesem Wege keine Erklärung des Pseudo-Hochvakuums gegeben werden kann. Man braucht sich nur die Frage vorzulegen: Woher sollte der Wasserdampf kommen, wenn doch die betreffenden Röhren vorher beim Evakuieren lange und hoch erhitzt worden sind? Und würde der Wasserdampf nicht fortwährend durch die Entladung zersetzt?

In der Tat wird der Wasserdampf zersetzt, mit welchem Arbeitsaufwand, das ist allerdings (trotz aller meiner darauf gerichtet gewesenen Bemühungen) noch eine völlig offene Frage für sich. Auch die Art der Zersetzung, die Natur der dabei gebildeten Ionen, ist noch absolut dunkel, bis auf einen Punkt vielleicht, der uns nachher noch beschäftigen soll. Jedenfalls wird der Wasserdampf durch Stoßelektronen oder durch die hohe Temperatur am Glühdraht, durch Lichtabsorption oder schließlich auf noch andere Weise nach OH und H zerlegt; später treten je zwei H-Atome zu einem Molekül zusammen, welches dann, nach Aufnahme der Energie von seiten eines Elektrones, die zur Dissoziation und Ionisation ausreicht, den bekannten Wert bei 17 Volt liefert. Von einer Ionisierung des Wasserdampfes selbst sieht man, auch mit feinen Mitteln, nicht die geringste Spur. Wir wollen also für später festhalten, was hieraus folgt: *Befindet sich in einer Röntgenröhre Wasserdampf, so wird er beim Stromdurchgang zerlegt, die Zerlegungsprodukte werden durch die Zerstäubung des Elektrodenmaterials an der Rohrwand festgehalten. Eine solche Röhre wird also fortgesetzt ärmer an Wasserdampf.*

7. Nachdem die Fruchtlosigkeit der messenden Ionisierungsversuche am Wasserdampf klar geworden war, wurde eine Bestimmung wenigstens der Dissoziationsarbeit von Wasserstoff und Wasserdampf angestrebt, und zwar nach einer Methode, die als „Reagens“ Wolframtrioxyd, ein zitronengelbes Pulver, benutzt, welches durch atomaren Wasserstoff, wie J. Langmüir nachgewiesen hat, zu einer dunkelblauen Verbindung reduziert wird. Der Farbumschlag ist sehr

³⁾ Zeitschr. f. Physik 7, 328, 1921. Ergänzung dazu: „Registrierapparat“ siehe Z. f. Inst.-Kunde 8, 241, 1923.

scharf; tritt er ein, so ist das ein Kennzeichen für die Anwesenheit von atomarem Wasserstoff. Bei den Versuchen mit diesem Körper traten unerwartete Erscheinungen zutage, von denen an dieser Stelle nur eine besprochen wird: im höchsten Vakuum, das sich erreichen ließ (ohne Glühdraht und andere Störungsquellen), wurde bei Zimmertemperatur das Wolframtrioxyd in kurzer Zeit „von selbst“ blau. Diese Reduktion erfolgte um so schneller, je weniger das betreffende Rohr gereinigt war. Aber auch bei sehr lange evakuierten und erhitzten Gefäßen trat immer wieder diese Erscheinung ein. Dies kann meines Erachtens nur so verstanden werden, daß die *Glaswand*, auch die nach hoher Erhitzung „trockene“, immer noch *sehr viele Wassermoleküle enthält*, die (offenbar unter dem katalytischen Einfluß eines Wandbestandteiles, vielleicht des Siliziums) *zerfallen*. Der hierbei freiwerdende atomare Wasserstoff reduziert das Wolframtrioxyd.

Mit der Beobachtung steht ein anderer Befund im Zusammenhang: Man kann eine Vakuumröhre noch so sorgfältig leerpumpen, die Hähne usw. sind ideal: stets ist nach einer gewissen Zeit (Stromdurchgang und Glühen von Drähten sei dabei ausgeschlossen!) ein winziger Gasrest vorhanden (siehe auch den Befund beim Heliumversuch vorn). Es ist dies Wasserstoff, der sich aus dem atomaren Wasserstoff gebildet hat. Dieser Gasrest gibt in einem schlechten „guten“ Vakuum den bekannten Ionisierungsknick bei 17 Volt. Der Wasserstoff entstammt also *nicht* etwa dem (selbstverständlich vorher lange und hoch geglühten) Glühdraht, wie man bisher in der Regel angenommen hat. Hier verdient die Bemerkung *Astons* Erwähnung, der in seinem schönen Buch über Isotope⁴⁾ schreibt: „Seine (des Wasserstoffs) ständige Anwesenheit in Strahlen, die durch die gewöhnliche Entladungsröhrenmethode erzeugt werden, unabhängig, welches Gas verwendet wurde, ist selbst eine sehr auffallende Erscheinung . . .“ Hier, in der *Glaswand*, liegt die Quelle für die bisher unverständlich gewesene Allgegenwart des Wasserstoffs. Weiter ist seit den ersten Zeiten der Spektroskopie bekannt und an dieser Stelle von Interesse, daß wohl in den meisten Spektralröhren sich die Wasserstofflinien mehr oder weniger bemerklich machen, wobei ihre Anwesenheit oftmals störend empfunden wird, häufig auch erwünscht sein kann, wenn man die Linien als Referenzlinien braucht. Durch *lange* Zeit anhaltendes Pumpen in Verbindung mit einem langen und hohen Erhitzen des Rohres kann man dahin kommen, daß diese Gasabgabe recht gering wird, aber ganz zum Aufhören kann man sie, soweit ich gefunden habe, nicht bringen.

Beim Zerfall eines solchen, von der Glaswand kommenden Wasserstoffatoms (etwa durch die durchdringende Strahlung hervorgerufen) sind die Ionen einerseits das negative Elektron, andererseits der positive Wasserstoffkern. Dieses

Ion zeichnet sich vor allen sonstigen Ionen in einer für viele Vorgänge offenbar grundlegenden Weise dadurch aus, daß es den (wenn unsere Meinung darüber richtig ist) kleinsten Durchmesser besitzt, den es überhaupt gibt. Während bekanntlich die Atomdurchmesser in der Größenordnung von einigen 10^{-8} cm liegen (unangeregtes H-Atom $1,1 \times 10^{-8}$), hat das Elektron einen Durchmesser von 10^{-12} bis 10^{-13} cm, der H-Kern, das Proton, aber 10^{-15} bis 10^{-16} cm. Hierin liegt bei allen gaskinetischen Fragen eine ganz außerordentliche Bevorzugung dieses Protons allen anderen Ionen gegenüber. Jedes andere Ion hat einen Durchmesser, der sich nur unerheblich von dem des unangeregten Atoms unterscheidet, es hat auch recht nahe die gleiche Weglänge wie dieses. Das Proton aber, wegen seines kleinen Querschnittes, übertrifft mit seiner freien Weglänge alle anderen Ionen oder Atome um ein Erhebliches, um das 5,6fache. Seine Energie ist im elektrischen Feld unter diesen Umständen die gleiche wie die eines Elektrons. Die größere Masse hat zur Folge, daß in einem elektrischen Feld das Impulsmoment dieses Protons unverhältnismäßig viel größer wird als das des Elektrons.

Dieses Proton vermag nun auch fremde Atome zu ionisieren. Der Vorgang der Ionisierung, für gewöhnlich als einfacher Stoß des Elektrons auf das Atom gedacht, ist zweifelsohne ein komplizierterer Vorgang. Wie weit insbesondere die einfachen Stoßgesetze auf den Fall der Ionisierung durch ein positives Ion anwendbar sind, ist eine offene Frage. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß das Proton wegen seiner größeren Masse und seines kleinen Querschnittes möglicherweise in besonderem Maße mit Ionisierungsvermögen begabt ist.

8. Diese Annahme erfährt durch folgende Überlegung eine wesentliche Erweiterung. Die Wasserstoffkerne, in ihrem Bestreben, das ihnen entrissene Elektron wiederzugewinnen, sind durch eine außerordentlich hohe „Elektronenaffinität“ ausgezeichnet, das heißt: trifft dieses Proton gleich nach seiner Erzeugung, also noch ohne Eigengeschwindigkeit mit einem fremden Atom oder Molekül zusammen, so vermag es diesem ein Außenelektron zu entreißen, falls dieses an das Fremdatom oder -molekül weniger fest gebunden war, als es nachher an das Wasserstoffatom gebunden wird. Mit anderen Worten: der Wasserstoffkern kann allein durch seine Gegenwart alle die Atome und Moleküle zu neuen Ionenpaaren machen, deren Ionisierungsenergie niedriger ist als die Ionisierungsspannung des Wasserstoffatoms, wenn er mit ihnen zusammentrifft.

Fand aber der Zusammenstoß zwischen Proton und Fremdatom *am Ende der Bahn* des Protons statt, so kommt zu dem Ionisierungsvermögen, die das Proton allein schon auf Grund seiner Geschwindigkeit und Masse besitzt, *noch das Zusatzglied hinzu, das durch die Elektronenaffinität des Protons ausgedrückt ist*. Diese Atomgröße liegt

⁴⁾ F. W. Aston, Isotopie. Leipzig, S. Hirzel, 1923.

für die am stärksten elektronegativen Substanzen wie Chlor, Brom und Jod in der Gegend von 2–3 Volt. Das Proton übertrifft mit seinen 13½ Volt Elektronenaffinität jene Stoffe um das rund 5–7fache. Hier begegnen wir dem bereits früher ausgedrückten Gedanken, die Elektronenaffinität mit dem Pseudo-Hochvakuum in Verbindung zu bringen.

E. v. Bahr und J. Franck haben⁵⁾ zwar Versuche auf dem Gebiet der Ionisierung durch positive Ionen unternommen, aber eine befriedigende Deutung derselben steht noch aus. Diese Forscher fanden ganz allmählich ansteigende Ionisierungskurven, an denen kein kritisches Potential abgelesen werden konnte, im Gegensatz zu den Ionisierungskurven, die mit Stoßelektronen aufgenommen wurden und die, wie man weiß, meist scharf definierte Potentiale geben. Möglicherweise, wie auch die beiden Autoren vermuten, gaben die Glühdrähte bei diesen Versuchen ein Gemisch von Ionen ganz verschiedener Größe ab; jede Ionenart für sich hätte vielleicht ein kritisches Potential gegeben. Auch war der Spannungsabfall auf dem Glühdraht beträchtlich. So trat eine Überlagerung der verschiedenen Knicke ein, wodurch eine gegenseitige Verwischung der kritischen Punkte in den Kurven wohl erklärt werden könnte. Eines scheint jedenfalls unseres Erachtens mit Gewißheit aus den genannten Versuchen hervorzugehen, nämlich, daß die positiven Ionen von einer gewissen Geschwindigkeit an überhaupt fähig sind, beim Zusammenstoß neue Ionenpaare zu bilden.

Rückblickend stellen wir nochmals die Hauptpunkte des Gedankenganges zusammen:

1. Im absoluten Vakuum können selbstverständlich Ströme überhaupt nicht zustande kommen.
2. In Gasen kommen in der Regel Ströme zustande.
3. Es können aber Ausnahmen von dieser Regel eintreten, in denen in der Strombahn etwas fehlt, was für die Einleitung des Stromes notwendig ist.
4. Dieses „Etwas“ sind Wasserstoffkerne (Protonen), die durch die überall vorhandene durchdringende Strahlung aus Wasserstoffatomen freigemacht werden.

Sie haben in besonderem Maße das Vermögen, neue Ionenpaare zu bilden, die dann den Strom weiterhin aufrechterhalten.

Die Wasserstoffatome entstammen dem Wasser, welches jede Glaswand gebunden enthält.

Ist das Wasser aufgebraucht, so tritt das Pseudo-Hochvakuum in die Erscheinung.

Vielleicht wird es mit Hilfe des Protons gelingen, ein Verständnis für die gesamte Gasentladung zu gewinnen, was unter Annahme von Elektronen, gewöhnlichen Ionen und Gasmolekülen resp. atomen nicht gelungen ist.

9. Die Wirksamkeit der „Regeneriervorrichtungen“ erscheint uns hiernach in einem anderen Licht als vordem. Diese Vorrichtungen sind ganz und gar nicht dazu da, neues Gas in die Röntgenröhre hineinzulassen. Das ist ein durchaus nebensächlicher Effekt. Sie haben vielmehr nur den Sinn, die Röhre mit neuen Wasserstoffatomen zu versehen, nachdem die alten aufgebraucht sind. Daß sie dazu fähig sind, ist leicht einzusehen. Bei dem Palladiumrohr ohne weiteres. Denn es ist eine längst bekannte Tatsache, daß der vom Palladium und den ihm verwandten Metallen abgegebene Wasserstoff atomarer Natur ist, neuerdings auch von verschiedenen Seiten angegeben, daß diese Wasserstoffatome eine auffallend lange Lebensdauer besitzen. Beim Bauerventil wird direkt feuchte atmosphärische Luft eingelassen und die Wasserdampfmoleküle werden in der vorher gezeigten Weise zerlegt. Ganz gleich verhält es sich mit den Gasen, die aus Glimmer entweichen, sie enthalten Wasserdampf.

10. Es handelte sich bei allen bis jetzt besprochenen Vorgängen um Gasentladung ohne Beihilfe von besonderen, in den Röhren angebrachte Elektronenquellen, und dabei trat die Notwendigkeit der Anwesenheit von kleinen Wassermengen zutage, ein Bedürfnis, das offenbar bei einer großen Zahl von chemischen Reaktionen befriedigt werden muß, soll die Reaktion überhaupt in Gang kommen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist das hochgradig getrocknete Knallgas, welches durch keine Mittel zur Explosion gebracht werden kann. Wir erkannten hier, daß auch absolut trockene Gase unfähig sind, einen elektrischen Strom zu leiten. Wir haben weiter dafür Anhaltspunkte, daß sogar dann (trotz Richardson) keine Stromleitung zustande kommt, wenn in einer Entladungsröhre die Elektronen von Glühdrähten „ausgesandt“ werden und wenn in solchen Röhren der Wasserdampf fehlt. In der Tat zeigten Versuche, beispielsweise mit Glühdrähten aus reinem Platin, in Gefäßen, die aufs äußerste evakuiert und von Wasserdampf befreit waren, ein eminentes Absinken des Elektronenstromes, der von dem glühenden Platindraht zu einer beliebigen Anode geht, ein Absinken vom Beharrungszustand, der nach einiger Zeit unter „gewöhnlichen“ Verhältnissen erreicht wird, um einen mehrhundertfachen (!) Betrag für den Fall, daß der Wasserdampf entfernt wurde. Nach diesen nur orientierenden Versuchen halte ich es für so gut wie sicher, daß keine Elektronenemission von glühenden Drähten auch anderer Metalle stattfindet, bei der nicht irgendwelche Gasspuren im Raum (es braucht nicht in allen Fällen der Ausgangsstoff Wasserdampf zu sein!) eine lebenswichtige Rolle spielen. Das darf eigentlich (angesichts der Ähnlichkeit der Vorgänge der „Loslösung“ der Elektronen durch Licht oder Glut) auch niemanden Wunder nehmen, der die Arbeiten von Freden-

⁵⁾ Verh. d. Dt. Phys. Ges. XV, 57, 1914.

hagen⁶⁾, Wiedemann und Hallwachs⁷⁾ und zuletzt die von Krüger und Ehmer⁸⁾ in der Erinnerung hat. In den beiden ersten wurde der Standpunkt vertreten, daß zum Auftreten des Photostromes Gasspuren notwendig seien, in der dritten Arbeit ist überzeugend nachgewiesen, daß der Photoeffekt mit der Gasbeladung des Materials Hand in Hand geht. Das „Agens“ *Fredenhagens* ist derselbe Wasserstoff oder Wasserdampf, dessen Ab-

⁶⁾ Verh. d. Dt. Phys. Ges. XV, 201, 1914.

⁷⁾ Verh. d. Dt. Phys. Ges. XV, 107, 1914.

⁸⁾ Zeitschr. f. Physik XIV, 1, 1923.

wesenheit das Pseudo-Hochvakuum zur Folge hat. Das Wesen und die Wirkungen dieses Stoffes näher zu erforschen, muß eine der nächsten Aufgaben sein. Dabei werden sich neue Gesichtspunkte für die sog. Elektronenemission und die „Raumladung“ gewinnen lassen. Ich bemühe mich eben um die Erscheinung der Elektronenabgabe im höchsten Vakuum, um so die vorhin angedeuteten Versuche zu sichern und auf eine breitere Basis zu stellen, und ich gedenke, in absehbarer Zeit hierüber Neues berichten zu können.

Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen Milben. (Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.)

Von Hanna Schulze, Berlin-Dahlem.

Es ist kein Zufall, daß viele Großschädlinge zu den Kosmopoliten gehören. Erinnert sei nur an die Weltverbreitung von Flöhen, Bettwanzen, Ratten, Mäusen, überhaupt von allem Ungeziefer größerer oder kleinerer Art bis hinunter zu den Bakterien. Das Interesse an diesen Kosmopoliten ist ein doppeltes: einmal ein praktisches, weil sie überall Schaden stiften; ferner ein mehr theoretisches, da alle hierher gehörende Formen gewisse gemeinsame Züge aufweisen, welche ihre weltweite Verbreitung ermöglichen. Es wäre eine reizvolle Aufgabe, zunächst einmal alle landbewohnenden Kosmopoliten auf diese gemeinsamen Züge hin zu untersuchen. Von einer Eigenschaft steht fest, daß sie mit die Grundursache dafür ist, daß gewisse Tier- und Pflanzenarten Kosmopoliten werden konnten; es ist dies der Zustand des latenten Lebens, den sie bei Ungunst der Verhältnisse eingehen können. Aus praktischen Gründen habe ich mich längere Zeit mit der Beobachtung von Milben befaßt, und zwar mit einigen Arten aus der Familie der Tyroglyphidae (*Latreille*), die als kosmopolitische Vorratsschädlinge außerordentliche Verluste verursachen. Bei diesen Schadformen finden wir ein besonderes Entwicklungsstadium, nämlich das sogenannte Hypopusstadium, das wir gewissen Zuständen latenten Lebens bei anderen kosmopolitischen Lebewesen gleichstellen können. Erinnert sei dabei an die Dauerformen der Schwämme, Bryozoen, Rotatorien, vieler Würmer, an die Sporen der Bakterien, an Dauereier der Crustaceen, Cysten der Protozoen sowie die seltsame Gruppe der Tardigraden.

Man bezeichnet treffend den Hypopus der Milben auch als „Dauerstadium“ oder als „Wandernymph“. Diese beiden Namen charakterisieren die hervorstechendsten Eigenschaften des Hypopus und geben zugleich einen Hinweis dafür, daß die Tyroglyphusmilben ihre weltweite Verbreitung diesem besonderen Entwicklungsstadium verdanken. Hier sollen einige Eigentümlichkeiten der Dauerformen der Milben kurz dargelegt werden unter Bezugnahme auf kürzlich durchge-

führte experimentelle Arbeiten, die ich auf Veranlassung von Herrn Professor *A. Hase*, Berlin-Dahlem, ausführte.

Es sind im wesentlichen nach meinen Untersuchungen folgende Eigentümlichkeiten, die die weltweite Verbreitung der Milben ermöglichen:

1. Veränderung der Gestalt mit der Neigung zur Oberflächenverkleinerung.
2. Verhalten der Dauerformen bei Möglichkeit eines Transportes.
3. Erhöhte Widerstandsfähigkeit der Dauerformen gegen Austrocknung.
4. Erhöhte Widerstandsfähigkeit der Dauerformen gegen ungünstige Temperaturen.

Ehe ich auf die eben angeführten Punkte des Näheren zu sprechen komme, sei noch vorausgeschickt, daß Hypopi nur bei den Tyroglyphidae, und zwar bei den meisten Arten, auftreten, wobei zu jeder Tyroglyphusart ein charakteristisch gestalteter Hypopus gehört. Von dieser Regel kennen wir bis jetzt drei Ausnahmen: 1. *Trichotarsus osmiae* (Duf.), 2. *Trichotarsus ludwigi* (Trouess.) sowie 3. *Tyroglyphus farinae* (Koch). Die genannten Milben können nämlich nicht nur eine, sondern zwei morphologisch wie physiologisch wohlunterschiedene Hypopusformen entwickeln. Anlässlich meiner Untersuchungen konnte ich mit Sicherheit feststellen, was bisher nicht bekannt war, daß auch die letztgenannte Art, die gemeine Mehlmilbe, der auch praktisch die größte Wichtigkeit zukommt, zwei verschiedene Hypopusformen besitzt, und zwar eine freibewegliche (die ich als Hypopus I bezeichne), und eine unbewegliche, manchmal encystierte (Hypopus II).

Nun zu den oben unter 1. bis 4. genannten Punkten!

Zu 1. Gestaltlich ist der Hypopus, der als Art-erhalter (Dauerstadium) und als Artverbreiter (Wandernymph) eine besondere Rolle spielt, gegenüber der gewöhnlichen Tyroglyphusmilbe in folgender Weise verändert. Während die Tyroglyphusnymphen und Prosopa (geschlechtsreife Milben) einem wandelnden Ei vergleichbar sind und eine relativ große, freie Oberfläche, die leicht verletzlich ist, allerlei Angriffen darbieten,

besitzt der Hypopus die Form eines Uhrschälchens, das mit seiner konkaven Seite einer ebenen Fläche aufliegt. Seine freie Oberfläche ist, gemessen an derjenigen der gleichgroßen Nymphen, auf die Hälfte reduziert. Außerdem ist das Chitin des Rückens mächtig verstärkt und schützt so, außer gegen Vertrackung, auch gegen mechanische Verletzungen. Am Hinterende der Bauchseite besitzt der Hypopus eine große Saugscheibe, aus vielen einzelnen Saugnäpfen zusammengesetzt, mit denen er sich an glatten Flächen anheften kann. Da die Tiere während der ganzen Dauer dieses Stadiums, das sich über viele Monate, ja über Jahre — bis jetzt wurden von anderen Autoren bis zu zwei Jahren beobachtet — erstrecken kann, keine Nahrung zu sich nehmen, so sind die Mundwerkzeuge gänzlich rückgebildet und zum Zerkleinern von festen Nahrungsteilchen unbrauchbar. Die Gehwerkzeuge der in dieser Weise gestalteten Hypopi sind normal ausgebildet, so daß diese Tiere *freibeweglich* und einer *aktiven Ortsveränderung* fähig sind.

Bei einigen Tyroglyphusarten finden wir andere, gestaltlich noch weiter veränderte Hypopusformen, die zu einer eigenen *aktiven Ortsveränderung unfähig* sind. Bei diesen Hypopi sind die Füße mehr oder weniger rudimentär, die Anlage der Mundwerkzeuge ist kaum angedeutet oder unterbleibt ganz; auch entbehren diese Formen der großen Saugscheibe. Diese fast gänzlich undifferenzierten Hypopi bleiben außerdem gewöhnlich in der Haut der Nympe, aus der sie gebildet worden sind, *encystiert*.

Zu 2. Alle *freibeweglichen Hypopi* gehen, trotzdem sie zu eigener, aktiver Ortsveränderung fähig sind, sobald sich Gelegenheit bietet, zu *passiver Wanderung* über, indem sie größere Insekten, welche die Milbenkolonie berühren, als Transporttiere benutzen. Sowie ein in Bewegung befindlicher Körper die langen Sinneshaare an den Vorderbeinen eines Hypopus berührt oder auch nur in die unmittelbare Nähe derselben kommt, richtet sich die Wandernympe auf; sie nimmt die sogenannte „*Reiterstellung*“ ein, die so zustande kommt, daß die Saugscheibe den Körper an der Unterlage festhält und stützt, während die Vorderbeine tastend in die Luft gestreckt werden. Sowie die Möglichkeit besteht, sich an dem vorbeiwandernden Insekt festzuhalten, lösen sich die Saugnäpfe von der Unterlage ab und werden an dem fremden Tierkörper sofort wieder angesetzt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Hypopus bei dem Transport seine anfängliche Lage nochmals verändert, da man die Dauerformen immer an den gegen Abstreifen geschütztesten Körperstellen des Transporttieres (besonders den Körpereinschnitten oder kleinen Vertiefungen) findet. Die an dem zeitweiligen Wirt haftenden Hypopi — es können tausende zugleich sein — stören dessen Lebenshaushalt gewöhnlich nicht, es sei denn, daß sie sich gerade am Kopf

des Transporttieres festsetzen und dieses bei der Nahrungsaufnahme behindern. Trotzdem haben wir es bei den Hypopi stets mit *unechtem Parasitismus* zu tun, während die Tyroglyphusnymphen und Prosopa zu *echtem Parasitismus* übergehen können. Einen von mir genauer untersuchten Fall habe ich kürzlich veröffentlicht⁴⁾.

Die Verbreitung aller einer Eigenbewegung unfähigen oder encystierten Hypopi geschieht auf andere Weise als die vorerwähnte. Insekten kommen als Verbreiter für diese Formen nicht in Betracht, sondern hauptsächlich *Verwehung durch Wind* oder *Verstreuung durch andere bewegende Kräfte* (etwa beim Umladen oder Umschütten von milbenverseuchten Vorräten). Vorbedingung für eine Windverstreung ist natürlich eine gewisse Leichtigkeit und Trockenheit der zu verwehenden Masse. Auffälligerweise befinden sich die Kolonien derjenigen Tyroglyphusarten, die einen encystierten oder unbeweglichen Hypopus besitzen (z. B. *Glyciphagus spinipes*, *Gl. domesticus*), an besonders trocknen Örtlichkeiten, und die Substanzen, welche von diesen Milbenarten befallen werden, weisen einen sehr geringen Feuchtigkeitsgrad auf. Dagegen ist für die Tyroglyphusarten, zu denen ein eigenbeweglicher Hypopus gehört (z. B. *T. mycophagus*), ein ziemlich hoher Feuchtigkeitsgrad der Umgebung Lebensbedingung. An solchen Plätzen befinden sich gewöhnlich in fauliger Zersetzung begriffene Substanzen, die den Milben zur Nahrung dienen, zugleich aber auch größere Insekten anlocken, die wiederum von den Hypopi als Transporttier benutzt werden.

Bei dem Transport zu neuen Futterplätzen (gleichgültig ob durch Insekten verschleppt oder vom Wind verweht oder etwa auch durch Bahntransporte) sind die Hypopi den verschiedensten schädigenden Einflüssen ausgesetzt. Diesen begegnen sie mit außerordentlicher Widerstandsfähigkeit und bewähren sich so als „*Dauerstadium*“.

Zu 3. Beobachtungen und Versuche über das Verhalten gegenüber schädigenden Einflüssen, wie sie die Witterungsungunst mit sich bringt, wurden von mir an Hypopi von *T. mycophagus* und den beiden Hypopusformen von *T. farinae* angestellt. Zunächst wurde die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen gegen Trockenheit untersucht. Diese Beobachtung ist vor allen andern wichtig, weil Trockenheit (d. h. ein geringerer Feuchtigkeitsgrad der Umgebung als 14 % Wasser) für die Tyroglyphidae im allgemeinen und für *T. mycophagus* ganz im besonderen verhängnisvoll ist. Daher muß der Hypopus jeder Tyroglyphuspecies „*trockenheitsfester*“ sein als alle andern Entwicklungsstadien. Und tatsächlich konnten wir für die Hypopi von

⁴⁾ Vgl. Schulze, H., Beiträge zur Biologie von *T. mycophagus*; Zerstörung einer Mehlwurmzucht durch diese Milbe. Arb. a. d. Biolog. Reichsanst. Bd. 11, Heft 2, 1922.

T. mycophagus und *T. farinae* (und wahrscheinlich auch für alle andern Arten) feststellen, daß diese Voraussetzung zutrifft. Während Nymphen und Prosopa von *T. mycophagus* nach einem Wasserverlust von 54 % innerhalb 5 Stunden bei Zimmertemperatur zugrunde gehen, bleibt der Hypopus, ohne Zuchtmasse isoliert, mindestens 24 Stunden lebensfähig; der Hypopus I (= freibeweglich) von *T. farinae* sogar bis zu 3½ Tagen. Der unbewegliche Hypopus der Mehlmilbe ist dagegen noch viel trockenheitsfester; seine Lebensfähigkeit erlischt selbst bei siebenmonatlangem Aufenthalt nicht, wenn die Tiere in „staubtrocknem“ Mehl oder bei Zimmertemperatur in Glasschalen isoliert aufbewahrt werden.

Zu 4. Auch das Verhalten bei verschiedenen Temperaturen rechtfertigt vollan die Bezeichnung des Hypopus als „Dauerstadium“. Denn da, wo die Lebenstätigkeit der Nymphen und Prosopa aufhört, fängt die stärkere Widerstandskraft der Hypopi gegen besonders hohe wie niedere Temperaturen an; d. h. außergewöhnlich hohe wie niedere Temperaturen, die den Tod aller andern Entwicklungsstadien herbeiführen, werden von dem Hypopus unbeschadet ertragen. Zum Beweis hierfür sollen einige Zahlen mitgeteilt werden.

Tyroglyphus mycophagus.

Es halten aus: — 8° die Nymphen und Prosopa nur 24 Stunden, aber — 7° die Hypopi 72 Stunden! also die dreifache Zeit!

Bei der Mehlmilbe, *T. farinae* (Koch), liegen die Verhältnisse insofern noch günstiger, da dieser Species zwei verschiedene Dauerformen zur Verfügung stehen, von denen der unbewegliche, manchmal encystierte Hypopus II den freibeweglichen Hypopus I noch bei weitem an Widerstandsfähigkeit übertrifft. Dies war schon aus

den Angaben über das Verhalten bei besonderer Trockenheit ersichtlich, und diese Überlegenheit wird durch das Hinzukommen der größeren Widerstandskraft gegenüber niederen Temperaturen noch erhöht. Auch hierfür einige Zahlen!

Tyroglyphus farinae.

a) Bei einer Temperatur von — 2 bis — 7° (— 4.5°) und 24 Stunden Wirkungszeit starben 100 %, d. h. alle Hypopi I, während 50 % der Hypopi II am Leben blieben.

b) Bei einer Temperatur von — 2 bis — 7° (— 4.5°) und 32 Stunden Wirkungszeit starben 100 %, d. h. alle Hypopi I, während 40 % der Hypopi II am Leben blieben.

Ist der Hypopus nun von der alten Kolonie verschleppt worden und hat er alle ihm drohenden Gefahren glücklich überstanden, so gründet er unter günstigen Bedingungen, die hier nicht näher erörtert werden können, eine neue Milbenkolonie, indem er sich zur Nymphe II umwandelt. Aus dieser geht durch nochmalige Häutung die geschlechtsreife Milbe hervor, in deren Nachkommenschaft wiederum Hypopi ausgebildet werden, um den Fortbestand der Art zu sichern.

Daß der in morphologischer wie physiologischer Hinsicht von den gewöhnlichen Entwicklungsstadien der Tyroglyphidae abweichende Hypopus hervorragend geeignet ist, zu der kosmopolitischen Verbreitung dieser Milben wesentlich beizutragen, weil er die Ungunst länger Zeiträume zu überdauern imstande ist, dürfte nach dem Vorangegangenen klar ersichtlich sein. Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß diese erstaunliche Widerstandsfähigkeit der Dauerstadien gerade der Milben, die praktisch von größter Wichtigkeit sind (Mehlmilbe, Hausmilbe u. a. m.), uns vor besonders schwierige Aufgaben der Bekämpfungstechnik stellt!

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Lumineszenzerregung durch aktiven Stickstoff

In einer kürzlich in *Nature* (111, 599) veröffentlichten Notiz von E. P. Lewis wird über die Erregung von Phosphoreszenz an einer Reihe von festen Körpern durch darüber geleiteten aktiven Stickstoff berichtet. In einer seit Jahresfrist unter unserer Leitung von Herrn cand. phil. Tanneberger durchgeführten Experimentalarbeit über den schon vor dem Kriege von einem von uns (Tiede) mehrfach behandelten aktiven Stickstoff haben wir unabhängig von Lewis schon seit längerer Zeit das in Rede stehende Lumineszenzphänomen aufgefunden und in bestimmter Richtung näher untersucht. Im Hinblick auf die Veröffentlichung von Lewis und auf eine ganz kürzlich in *Nature* (111, 705) enthaltene Bestätigung von W. Jevons möchten wir hier unsere Beobachtungen vorläufig mitteilen.

An chemisch nicht definiertem Material beobachtete Lewis Lumineszenzerregung an einer größeren Anzahl meist anorganischer Salze. Wir fanden den Effekt zuerst an Borstickstoffpräparaten, die die Eigenschaft der Flammenerregbarkeit stark zeigten (vgl.

E. Tiede und F. Büscher, Ber. 53, 2206 [1920]; E. Tiede und H. Tomaschek, Z. f. Elektrochem. 29, 303 [1923]). Bei anschließender systematischer Untersuchung an einem umfangreichen Material konnten wir an folgenden Körpern besonders starke Erregbarkeit feststellen: Lithiumfluorid, Lithiumkarbonat, Berylliumkarbonat, Berylliumoxyd, Bornitrid, Bariumplatinzinnur, Magnesiumkarbonat, Calciumazid, Bariumazid, Molybdänsäure, Terephthalsäure, Isophthalsäure. An dem von Lewis angeführten Material konnten wir im wesentlichen die gleichen Feststellungen machen. Bei Betrachtung aller bisher als besonders gut erregbar gefundenen Substanzen fällt auf, daß sie fast ausnahmslos im Gitterverband Stickstoff oder Elemente mit kleinerer Ordnungszahl mit enthalten. Wir halten es für möglich, daß dieser Feststellung einige Bedeutung zukommt. — Auffällig ist ferner, daß die sonst als besonders stark lumineszenzfähig bekannten Substanzen, wie die Sulfide und Oxyde der zweiten Gruppe des periodischen Systems relativ wenig oder gar nicht angeregt werden, was auch Lewis für den Calciumsulfid-

phosphor hervorhebt. Die beim Zerfall des aktiven Stickstoffs frei werdende Energie erfüllt also offenbar die Anregungsbedingungen dieser Substanzen nicht.

Die Anregung der verschiedenartigsten Substanzen zur Lumineszenz ist jedoch keineswegs auf den zerfallenden aktiven Stickstoff beschränkt. Fast das gleiche Resultat erhält man durch zerfallendes Ozon, wenn der Zerfall des Ozons durch Erwärmung beschleunigt wird. Es kommen dabei jedoch nur die Substanzen in Betracht, die bei Erwärmung nicht zerfallen oder chemisch nicht in Reaktion treten, wie z. B. Bornitrid. Handelt es sich dagegen um durch Ozon oxydable Substanzen wie etwa Siodotblende (ZnS) (vgl. *F. Richards* und *R. Schenk*, Sitz.-Ber. Preuß. Akad. d. Wiss. 1903, p. 1102 und 1904, p. 1), so liegen die Verhältnisse wesentlich komplizierter, da außer der Energie des zerfallenden Ozons noch die aus der Oxydation stammende Energie in Betracht gezogen werden muß.

Wir sind der Ansicht, daß man noch viele chemische Reaktionen wird auffinden können, durch die bestimmte Substanzen zur Lumineszenz angeregt werden. Die Untersuchungen von *Haber* und *Zisch* (Z. Ph. 9, 302, 1922) über die Anregung von Gasspektren durch chemische Reaktionen und die Arbeiten von *Kautsky* und *Zocher* (Z. f. Elektroch. 29, 308, 1923) über das

Wesen der Chemilumineszenz weisen in die gleiche Richtung.

Ferner sind wir der Ansicht, daß hierin auch die Ursache der Flammenerregbarkeit zu suchen ist, wobei die bei der chemischen Reaktion in der Flamme frei werdende Energie eben zum Teil in einer Form abgegeben wird, daß gewisse Substanzen zur Lumineszenz angeregt werden können. (Wie weit auch das Auerstrumpffphänomen in diesen Zusammenhang hineinbezogen werden kann, lassen wir einstweilen dahingestellt.)

Die Bedeutung dieses hier kurz dargelegten, bisher noch so gut wie unerforschten Gebietes ist ersichtlich. Aus vorstehendem ergibt sich, daß viele Substanzen, von denen man bisher kaum glaubte, daß sie als Grundmaterial von lumineszenzfähigen Stoffen dienen könnten, unter geeigneten Anregungsbedingungen wohl zur Lumineszenz angeregt werden können. Dabei bleibt noch vollkommen unerörtert, welche Rolle aktivierende Metalle (wie bei den Sulfidphosphoren) Präparationsbedingungen, Temperaturlage usw. spielen, so daß auf diesem Gebiet noch alles zu tun bleibt.

Berlin, Chem. Institut der Universität, 7. Aug. 1923.

Erich Tiede, Arthur Schleede.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Der Schellfisch auf den Heringslaichplätzen. Der Hering ist nicht nur eine der wichtigsten, sondern auch der gemeinsten und individuenreichsten Fischarten der nordeuropäischen Meere, und dennoch ist es bisher nur selten gelungen, seinen natürlich abgelegten Laich im Meere zu finden. Wohl hat man diesen Laich in unmittelbarer Nähe der Küste, wo es sich um die im Frühjahr laichenden Küstenheringsstämme handelt, des öfteren auf Pflanzen, Steinen u. dgl. klebend angetroffen. Aber den Laich des Seeherings, der wegen der gewaltigen Größe seiner Schwärme der individuenreichere und wirtschaftlich wichtigere ist, hat man am Orte der Ablage bisher nur in ganz seltenen und vereinzelten Fällen gefunden. Dies gilt ganz besonders von den Seeheringen der Nordsee, mögen nun deren Laichplätze im Westen oder Osten oder Süden dieses Meeres zu suchen sein.

An Versuchen zur Auffindung des Laichs hat es keineswegs gefehlt, denn die fischereiliche Forschung hat allezeit ein großes Interesse dafür gezeigt, die Lage der Heringslaichplätze kennenzulernen und z. B. festzustellen, wieweit dieselben regelmäßig besucht oder gelegentlich gewechselt werden. Nachdem die Versuche, den Heringslaich mit der Dreifische am Boden zu fangen, immer wieder ergebnislos verlaufen waren, mußte man schließlich auf andere indirekte Nachweise von Heringslaichplätzen das Hauptgewicht legen. Ein sehr wertvolles derartiges Auskunftsmittel ist der Fang von möglichst jugendlichen Heringslarven und deren Rückverfolgung zum eben ausgeschlüpfen Fischchen. Das Vorhandensein von Heringslarven, die noch Reste des Dottersacks besitzen, bildet ein ziemlich untrügliches Zeichen dafür, daß man sich auf oder in unmittelbarer Nähe eines Heringslaichgebietes befindet.

Es gibt indessen noch ein anderes ziemlich untrügliches Hilfsmittel für den Nachweis der Heringslaichplätze, das ist der Fang von Fischen, die sich an den Laichmassen gütlich getan und deren Magen damit mehr oder weniger angefüllt ist.

Unter diesen Fischen spielen Kabeljau, Köhler und Wittling eine gewisse Rolle, aber weitaus der wichtigste

ist der *Schellfisch*, und gerade dieser letztere ist schon oftmals als großer Räuber des Heringslaichs beobachtet und als solcher sowohl auf der Kleinen Fischerbank, Jütlandbank, wie auf der Doggerbank¹⁾ gefangen worden.

In Schottland aber hat man in letzter Zeit begonnen, die Beobachtungen über den Fang solcher mit Heringslaich vollgefressenen Schellfische — wie man dort sagt: „spawny haddocks“ — systematisch durchzuführen und auf diese Weise ein äußerst umfangreiches und wertvolles Material gesammelt, über das unlängst Dr. *A. Bowman*, wissenschaftlicher Expert des Fishery Board for Scotland, in den Schriften dieser Behörde (Scientific Investigations 1922, Nr. IV, April 1923) einen ausführlichen, durch eine Karte illustrierten Bericht erstattet hat. *Bowman* gibt an, daß die spawny haddocks für viele Fischer und auch auf den Märkten eine wohlbekannte Erscheinung seien, da sie sich schon durch ihr Äußeres verraten, ohne daß man nötig hat, durch Aufschneiden den Heringslaich im Innern festzustellen. Sie sehen wohlgenährt aus und etwas plump in der Form; dabei hat ihre Haut einen charakteristischen zarten Schimmer, der das dunkle Pigment verdeckt. Der Fisch ist weichlich und empfindlich und hält sich für den Markt sehr schlecht, selbst wenn er in Eis gepackt wird. Dieser Umstand, daß solche Fische äußerlich gut kenntlich sind, hat es sehr erleichtert, zahlreiche Daten über ihr Vorkommen zu sammeln, und wenn wir die von *Bowman* gegebene Karte mustern, sehen wir zu unserer Überraschung, daß diese Schellfische an zahlreichen Stellen der schottischen Ost- und Westküste sowie namentlich auch im Norden und rings um die Orkneys- und Shetlandsinseln herum beobachtet wurden, und — was besonderes Interesse beanspruchen kann — daß sie in zwei aufeinander folgenden Jahren (1921 und 1922) auf

¹⁾ Vgl. Mitteilungen des Deutschen Seefischereivereins 1903, S. 406, und 1906, S. 259; ferner Verhandl. uit het Rijksinstituut v. h. onderzoek der zee I. Deel 1906, S. 34 (*Boeke*).

annähernd den gleichen Plätzen angetroffen werden konnten. Die Beobachtungen auf der Westseite und namentlich bei den Hebriden und rings um die Shetlandsinseln herum datieren meist aus den Frühjahrsmonaten Februar, März, April und betreffen also Heringe, die im Frühjahr gelaicht haben; dagegen sind vor der schottischen Ostküste, von Longstone nordwärts bis zu den Shetlandsinseln, Daten aus den Monaten August, September, Oktober angegeben, die also auf herbstlaichende Seeheringe hindeuten. Heringe, die offenbar mit den schlechthin als schottische Heringe bezeichneten identisch sind und die also wahrscheinlich auch von den durch unsere Heringstrawler gefangenen spezifisch nicht verschieden sind.

Die Daten über das Vorkommen von Heringslaich an der schottischen Ostküste lassen wohl erkennen, daß das Laichen bei den Shetlandsinseln früher beginnt als bei Longstone, aber ein zu erwartendes gleichmäßiges Fortschreiten des Laichens mit der Jahreszeit von Norden nach Süden ist doch nicht ersichtlich. Erwähnenswert ist noch, daß die Frühjahrs- und Herbstheringe mehrfach auf denselben Gründen laichend angetroffen wurden. Auch ist von Interesse, daß die spawny haddocks nicht immer von allen auf demselben Gebiet fischenden Trawlern gleichmäßig gefangen werden, sondern oft nur in wenigen Fällen unter vielen Zügen einen erheblichen Prozentsatz bilden. Aus diesem Grunde und auch aus allgemeinen Überlegungen wird man *Bowman* nicht zustimmen können, wenn er in dem Laichfraß der Schellfische eine ungeheure Vernichtung der Heringe erblickt. Vollkommen abwegig aber ist es, wenn der genannte Autor berechnet, daß eine einzige Mahlzeit eines Kabeljau, welche nach Zählung etwa 50 000 Heringseier umfaßt, gleichbedeutend mit der Vernichtung von 50 000 Heringen sein soll. Tatsächlich kann diese Eimenge nur etwa 3 bis 4 erwachsenen Heringen gleichgesetzt werden.

Es ist nun sehr auffallend, daß die durch das Vorkommen der spawny haddocks charakterisierten Laichgründe durchweg ziemlich nahe der Küste liegen und jedenfalls viel näher als die Fangplätze unserer Trawlerheringsfischer, wie z. B. Fladengrund, Gat usw., und daß die im Trawl gefangenen Heringe wenige Wochen vor dem Laichen stehen und anscheinend zum Laichen ziehen, so ist es wahrscheinlich, daß dieser Laichzug hier in den schottischen Gewässern im allgemeinen ostwärts oder wenigstens landwärts gerichtet ist, daß also die Heringe von der hohen See kommen, um näher unter Land zu laichen. Diese Feststellung ist um so wertvoller, als manche andere Zeichen darauf hindeuten schienen, daß die Trawlerheringe im Begriff sind, ostwärts zu wandern, um zum Laichen die Mitte der Nordsee aufzusuchen. Man wird die Heringslarven, die in jenen Gebieten vorkommen, auf ihre Mengen und Größenverhältnisse studieren müssen, um diese Verhältnisse vollkommen zu klären. Die zahlreichen Larven von 10–30 mm Länge, die bei einer deutschen Untersuchungsfahrt Mitte Oktober 1922 im Bereich des Gat erbeutet wurden, vermochten noch keinen Aufschluß darüber zu geben, ob sie sich nach der Küste zu bewegen oder, wie es nunmehr wahrscheinlicher ist, sich seewärts von den Laichplätzen ausbreiten. Aber wenn es gelingt, zu geeigneter Zeit eine Reihe von Larvenfängen zwischen dem Gat und der Küste zu machen und die Größenverhältnisse zu prüfen, so wird sich die hier aufgeworfene Frage gewiß beantworten lassen.

Obwohl sich der Bericht von *Bowman* nur auf Beobachtungen an der schottischen Küste erstreckt, so weiß

man doch aus ähnlichen englischen Wahrnehmungen²⁾, daß die Verhältnisse vor der englischen Ostküste ganz gleichartig liegen. Daß sich die Heringslaichgebiete von der schottischen Küste südwärts nach Northumberland fortsetzen, ist durch den Fang von spawny haddocks direkt erwiesen, daß aber auch weiter südlich, z. B. in der Gegend von Smiths Knoll, die englischerseits vermuteten Laichplätze wirklich existieren, konnte durch deutsche Beobachtungen nachgewiesen werden. Wir fingen Anfang Februar 1908 bei 51° 48' N und 2° 43' O (d. i. der Südostrand der Tiefen Rinne) auf 33 bis 38 m Tiefe ungeheure Massen sehr jugendlicher Heringslarven, vielfach noch mit Dotterrest, im Vertikalnetz pro Quadratmeter Oberfläche etwa 375 Stück. Ähnliche Fänge, wenn auch nicht ganz so groß, wurden in dem ganzen Gebiet südöstlich bis südöstlich von Smith Knoll bis zum Schouwen-Grund gemacht, auf 35 bis 45 m Tiefe, bei Smith Knoll selbst jedoch nicht. Es handelt sich zum großen Teil um dieselben Gründe, auf denen die Schollen vorzugsweise laichen.

Ehrenbaum.

Betrachtung über die Axiome der Biologie. (J. S.

Haldane, A lecture on the fundamental conceptions of biology, Brit. med. journ. Nr. 3244, S. 359–363, 1923.) Nach kurzer Besprechung der älteren grundsätzlichen Annahmen über die Lebensvorgänge, der mechanistischen Theorie von *Descartes*, des Animismus von *Stahl* und der Lebenskrafthypothese beschäftigt sich *Haldane* ausführlicher mit der im allgemeinen heute herrschenden „neo-mechanistischen“ Lehre, nach der alle Lebensäußerungen abhängig von den physikalischen und chemischen Bedingungen der Umwelt und daher auch als physikalisch-chemische („mechanische“) Vorgänge zu betrachten sind.

Haldane akzeptiert den ersten Teil dieses Satzes bedingungslos und lehnt daher auch den Vitalismus von *Driesch* u. a. ausdrücklich ab; er bestreitet jedoch, daß der zweite Teil des Satzes aus dem ersten folge, und erblickt in diesem Fehlschluß die wichtigste Ursache dafür, daß manche Probleme der Physiologie hoffnungslos festgefahren seien. Als notwendige Einstellung für die Beschäftigung mit physiologischen Fragen bezeichnet Verfasser die Anerkennung und hinreichende Berücksichtigung der Tatsache, daß alle Zellen eines Organismus in einem auf das feinste regulierten Milieu (internal environment) leben und daß die feine Regulation zur Erhaltung dieses Milieus wiederum einen sehr wesentlichen Anteil der Zellfunktionen bildet. Auch in einzelligen Organismen meint er ein „Milieu“ von den spezifischen Strukturelementen unterscheiden zu dürfen; als Beleg dient ihm die (wahrscheinlich) der Nierentätigkeit vergleichbare Funktion der kontraktilen Vakuolen im Innern von Einzelzellern. Bei den Funktionen der Sinnesnerven scheint ihm die Dauererregung eine Analogie zu den gleichförmigen physikalisch-chemischen Bedingungen zu bieten, die im allgemeinen das Wesen des „Milieus“ ausmachen; z. B. ist ihm die bei vollkommener Dunkelheit noch vorhandene subjektive Lichtempfindung ein Zeichen dafür, daß auch die am Leben beteiligten Elemente gewisse „Milieubedingungen“ schaffen, durch die hindurch erst die Einwirkungen der Außenwelt zu den spezifischen Strukturelementen gelangen. Der Zusammenhang zwischen Struktur und innerem Milieu ist so innig, daß man nicht sagen kann, welches vom anderen abhängig ist; auch der Ausdruck eines gegenseitigen Einflusses gibt das tatsächlich Bestehende ungenügend wieder

²⁾ Vgl. *Fischerbote* 1922, S. 427 oben.

Nicht nur im ganzen Organismus, sondern wiederum in jedem einzelnen Organ, jedem besonderen Gewebe offenbart sich der unlösliche Zusammenhang des speziellen Milieus mit der speziellen Zellstruktur und der speziellen Funktion. Form, Aufbau, Tätigkeit und Milieu sind untrennbar aneinander gebunden; sie existieren nur relativ zueinander." Die rein mechanistische Auffassung der Lebensfunktionen ist nicht imstande, den Tatsachen der Fortpflanzung des Lebens und der Vererbung der zählreichen Funktionen gerecht zu werden, selbst wenn sie einzelne Funktionen eines fertig entwickelten Organismus zu deuten vermag. Die mechanistische Theorie des Lebens ist ebenso unhaltbar wie die vitalistische. Von rein biologischem, gegen den klassischen physikalischen resolut abzugrenzenden Standpunkt ist der Versuch, Teile des Lebendigen, wie Struktur, Milieu und Funktion für sich zu betrachten, ebenso sinnlos wie die Statuierung von Bewegung oder Zeitablauf in einem ganz leeren Universum. Isolierte Strukturelemente z. B. sind leblos und gehören deshalb nicht mehr zum Bereich der biologischen Wissenschaft. Eine scharfe räumliche Grenze zwischen „innerem“ und „äußeren“ Milieu existiert nicht; da das innere Milieu zum „Lebendigen“ hinzugehört, ist auch keine scharfe Grenze zwischen belebter und unbelebter Welt zu ziehen. Die „Umwelt“ ist nicht etwas außerhalb des Lebendigen Befindliches und daher ist auch „Leben“ nicht an bestimmten Strukturelementen zu lokalisieren: dies ist ebensowenig möglich, wie etwa die Lokalisation des „Bewußtseins“ im Gehirn. Das „Leben“ eines Organismus kann auch nicht in eine Reihe von Einzelprozessen aufgelöst werden; man darf wissenschaftlich nicht nach dem „Mechanismus“ einer Organfunktion fragen, sondern nur nach den „Einzelheiten“ (details) dieser Funktion und stets in dem Bewußtsein, daß der Organismus ein einheitliches Ganzes ist. „Beständigkeit und Ganzheit“ (persistence and wholeness) sind wesentliche Charakteristica des Lebendigen; Abstraktion von diesen Eigenschaften führt zur Ignorierung des Lebendigen selbst und muß zu falschen Fragestellungen führen. Die Eigenschaften der Beständigkeit und Ganzheit schließen die Anpassungsfähigkeit der Organismen an veränderte innere Bedingungen in sich; strenger Ausschluß „teleologischer“ Betrachtungsweise führt deshalb nur zu einem unverständlichen Mischmasch zusammenhangloser Beobachtungen. Anpassung macht sich auch in dem gemeinsamen Wirken vieler Einzelzellen im Gesamtorganismus, aber auch im Zusammenleben ein- oder vielzelliger Organismen geltend. Die Ermittlung der rein physikalischen und chemischen Zusammenhänge führt zu keinem Verständnis dieser Erscheinungen, macht sie im Gegenteil um so dunkler, je weiter sie fortschreitet; nur der rein biologische Standpunkt führt zu einem zusammenhängenden und stetigen Fortschritt des Erkennens. Anatomie als reine Betrachtung der Strukturen des toten Organismus ist keine Biologie; die Zukunft der Anatomie als biologischer Wissenschaft kann nur beim Experiment liegen, das die Relativität zwischen Struktur, Milieu und Funktion untersucht. Biologie und exakte Naturwissenschaft unterscheiden sich nicht so sehr durch die räumlich getrennten Forschungsobjekte, wie durch verschiedene Axiome bei der Deutung der Beobachtungsergebnisse. Vielleicht aber bahnt sich durch die Relativitätslehre in der Physik und durch die modernen Atom-

theorien etwas an, was auch die Axiome der exakten Naturwissenschaften den Axiomen der Biologie nähern wird. Die Sonderstellung der biologischen Axiome ermöglicht auch eine Berücksichtigung der bewußten psychischen Erscheinungen (ohne deren Eigenart anzutasten), während sie den exakten Naturwissenschaften ganz fremd gegenüberstehen.

W. Heubner.

Kongreßzentralblatt für die gesamte innere Medizin und ihre Grenzgebiete Bd. 29.

Über den Einfluß des Keimzellenalters auf die Vererbungsrichtung. Je mehr die Vererbungslehre experimentell ausgebaut wird, desto mehr häufen sich auch die Fälle, wo die charakteristischen Mendelspaltungen sich in der Nachkommenschaft nicht zu verwirklichen scheinen. Es ist aber bis jetzt fast immer geglückt, besondere Ursachen dafür verantwortlich zu machen, die eine Verschiebung nach der einen oder der anderen Seite bedingen. Hierher gehört nun anscheinend auch das Alter der Keimzellen; einen guten Überblick über das, was bisher nach dieser Richtung in Erfahrung gebracht werden konnte, gibt eine kurze Abhandlung von O. Köhler (Biol. Centralbl. 43, 1923). In den meisten Fällen äußert sich der Einfluß des Keimzellenalters darin, daß die normale Sexualrelation (50% ♂ : 50% ♀) verschoben wird. So konnte Correns feststellen, daß bei der Befruchtung der Lichtnelke mit frischem Pollen Gleichgewicht zwischen Männchen und Weibchen herrscht, daß dagegen bei Anwendung von altem Pollen schließlich nur mehr Männchen erscheinen; darnach sind also die männchenbestimmenden Pollenkörner resistenter. Dagegen bedingt überreifes Sperma bei der Taube Weibchenüberschuß. Diese beiden Beispiele beziehen sich auf männliche Keimzellen. Analoges ist auch bei weiblichen beobachtet. Überreife Eier von Talaeporia entwickeln sich hauptsächlich zu Männchen, weil bei der Überreife des X-Chromosom vorwiegend in den Richtungskörper ausgestoßen wird und somit männchenbestimmende Eier resultieren, während unter normalen Verhältnissen das X-Chromosom ebenso oft im Ei verharret als es in den Richtungskörper wandert. Dem äußeren Bild nach schließen sich hieran die Frösche an: aus überreifen Eiern entstehen Männchen oft zu 100 %. Hier läßt sich aber zeigen, daß das X-Chromosom nicht von vornherein ausscheidet, sondern anscheinend erst im Verlauf der Ontogenese ausgeschaltet wird, so daß aus ursprünglich genotypischen Weibchen metagam Männchen werden. In der entgegengesetzten Richtung wirkt die Überreife bei Kühen. So beträgt nach einer Statistik von Pearl und Parshley die Sexualrelation des Hausrinds bei Begattung zu Beginn der Brunst 98,4 % ♂ : 100 % ♀, bei Begattung während der Brunst 115,5 % ♂ : 100 % ♀ und bei Begattung gegen Ende der Brunst 154,8 % ♂ : 100 % ♀. In all diesen Fällen scheint sich die Ilertwigsche Vermutung zu bestätigen, daß durch Überreife die Produktion des jeweils heterogametischen Geschlechts begünstigt wird. Schließlich sei noch erwähnt, daß Versuche von Köhler an Seeigeln darauf hindeuten, daß unreife und überreife Geschlechtszellen bei Bastardierungen die Artmerkmale schwächer vererben als reife; das soll sowohl für Eier wie auch für Sperma gelten und würde besagen, daß wir es mit einem rhythmischen Valenzwechsel zu tun haben.

Stark.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 37. (Seite 769—784.)

14. September 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Möglichkeit der Abschätzung des Ernteertrages auf Grund meteorologischer Angaben. Von **K. Knoch, Berlin**. S. 769.

Der Hai. Von **H. Braus, Würzburg**. S. 776.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Über die Anregung von Spektrallinien durch

Elektronenstoß. Von **G. Hertz, Eindhoven**. S. 778.

Multiplikation im Spektrum des Vanadiums. Von

Otto Laporte, München. S. 779.

Über das Leuchten der Flammen. Von **Walther Gerlach, Frankfurt a. M.** S. 782.

Besprechungen:

Schulze, P., Biologie der Tiere Deutschlands. Von **W. Goetsch, München**. S. 783.

Herzog, Th., Die Pflanzenwelt der bolivischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. Von **Fr. Markgraf, Dahlem**. S. 784.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Landolt-Börnstein Physikalisch-Chemische Tabellen

Fünfte, umgearbeitete und vermehrte Auflage

Unter Mitwirkung bekannter Fachleute

herausgegeben von

Dr. Walther A. Roth

Professor an der Technischen Hochschule
in Braunschweig

und

Dr. Karl Scheel

Professor an der physik.-techn. Reichsanstalt
in Charlottenburg

Mit einem Bildnis

In zwei Bänden (XV, 1695 S.) Gebunden GZ. 106. Fürs Ausland: 45 Dollar

Die nunmehr vorliegende 5. Auflage dieses längere Zeit vergriffen gewesenen großen Tabellenwerkes stellt eine völlig neue Bearbeitung dar, die eine beträchtliche Umfangvermehrung zur Folge hatte, so daß sich auch die Notwendigkeit einer Teilung in zwei Bände ergab.

Die Redaktion des Werkes wurde, nachdem auch Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Börnstein aus dem Leben geschieden war, in die Hände der Herren Prof. Dr. Walther A. Roth und Prof. Dr. Karl Scheel gelegt, denen ein auserlesener Mitarbeiterstab hervorragender Fachgenossen zur Seite stand.

Die Herausgeber haben sich bemüht, in dieser 5. Auflage das Buch nicht nur im alten Sinne weiterzuführen, sondern es auch insbesondere entsprechend der seit 1912 gewachsenen Einsicht in den Feinaufbau der Materie auszugestalten.

Bei der Teilung in zwei Bände war weder eine strenge Trennung nach Chemie und Physik beabsichtigt noch durchführbar. Immerhin findet man im ersten Bande die wichtigsten chemischen Grundkonstanten und die wichtigsten Eigenschaften der gebräuchlichen anorganischen und organischen Verbindungen, sowie die Mineralien, während der zweite Band mit den wichtigsten Konstanten der Atomphysik beginnt, an welche sich optische, elektrische und thermische Daten anschließen.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezug GZ. $2,5 \times$ Schlüsselzahl, Einzelnummer GZ. $0,8 \times$ Schlüsselzahl, zuzüglich Porto. Für das Ausland Bezug nur durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag.

Preis vierteljährlich Dollar 1,50.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 8. Sept. 1923: 3 000 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Zeichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 985 Julius Springer.

Nachzahlung für September 1923

Das unberechenbare Abwärtsgleiten der deutschen Mark macht eine auch nur annähernd richtige Vorkalkulation des Bezugspreises zur Zeit unmöglich. Der Verlag der Zeitschrift

„Die Naturwissenschaften“

sieht sich daher zu seinem Bedauern gezwungen, den auf Grund der postalischen Bestimmungen bereits vor 4 Wochen mit M. 750 000 für die Postzeitungsliste angemeldeten

Bezugspreis für September 1923 auf M. 4 000 000.—

festzusetzen, da der im voraus angemeldete Preis nicht mehr entfernt zur Bestreitung der Herstellungskosten ausreicht. Es muß daher von

Beziehern, welche die Zeitschrift bei einer Postanstalt bestellt haben, eine Nachzahlung in Höhe von M. 3 250 000.—

unter Benutzung der beiliegenden Zahlkarte direkt an den Verlag freundlichst recht bald geleistet werden.

Bezieher, die die Zeitschrift bei einer Buchhandlung bestellt haben	{	erhalten die Berechnung gleich in voller Höhe,
„ „ „ „ direkt vom Verlag unter Streifband erhalten		
„ „ „ „ beim Verlag bestellten und einer Postanstalt zur Zustellung überwiesen wurden		
haben also eine Nachzahlung nicht zu leisten.		

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin.

Verlag von JULIUS SPRINGER in Berlin W 9

Tafeln und Formeln aus Astronomie und Geodäsie für die Hand des Forschungsreisenden, Geographen, Astronomen und Geodäten. Von Dr. Carl Wirtz, Universitätsprofessor in Straßburg. (X, 236 S.) 1918. Gebunden GZ. 15,5

Die Möglichkeit der Abschätzung des Ernteertrages auf Grund meteorologischer Angaben.

Ein wichtiges Kapitel aus dem Gebiete der landwirtschaftlichen Meteorologie.

Von K. Knoch, Berlin.

Es ist kein Zufall, daß seit wenigen Jahren die Bearbeitung der Fragen, die sich mit der Anwendung der Ergebnisse der Meteorologie auf die Praxis aller Art beschäftigen, ungemein stark zugenommen hat. In dieser Zeit wirtschaftlicher Not ist es eben notwendig, Leistung und Ertrag auf den verschiedensten Gebieten zu steigern, und diese Steigerung läßt sich in vielen Fällen ohne große Mühen und Kosten bereits erreichen, wenn man die meteorologischen Verhältnisse berücksichtigt, da unser gesamtes Wirtschaftsleben in vorläufig noch nicht genügend bekannter Weise von den Witterungsfaktoren abhängig ist.

In der Landwirtschaft sind diese Abhängigkeiten in erhöhtem Maße vorhanden, und die Forschung wendet sich neuerdings diesem Gegenstand mit vermehrter Aufmerksamkeit zu. Die Vereinigten Staaten von Amerika schreiten hierin ganz unzweifelhaft an der Spitze. Dieses Land bietet mit seinen ausgesprochenen klimatischen Unterschieden und der großen Mannigfaltigkeit des landwirtschaftlichen Betriebes ein sehr schönes Versuchsfeld für solche Fragen, während es gleichzeitig über eine einheitlich durchgeführte, sehr gut ausgestattete meteorologische Organisation verfügt. Der Verfasser beschränkt sich aus diesen Gründen in der nachfolgenden Darstellung, die nur ein Teilgebiet der landwirtschaftlichen Meteorologie behandeln will, auf die Ergebnisse amerikanischer Untersuchungen. Sie können auch dem deutschen Meteorologen mannigfache Anregungen bieten. In anderen Ländern, wie Australien, Indien, England, Rußland wird ebenfalls auf diesem Gebiete viel gearbeitet. Die Beziehungen zwischen Witterung und Ernteertrag sind in der deutschen Literatur mehrfach behandelt worden, z. B. von *Holdefleiß*, *Kaßner*, *Meinardus*, *Meyer*, *Schulz*. Daß diese Arbeiten aber doch von wesentlich anderer Art sind, als die noch zu besprechenden der amerikanischen Meteorologen, wird aus dem Inhalt der weiteren Darstellung noch hervorgehen.

Die Wichtigkeit der Lösung landwirtschaftlich-meteorologischer Probleme drückt sich bereits dadurch aus, daß wir eine internationale Körperschaft besitzen, die sich im besonderen mit ihnen befaßt. Das im Jahre 1905 in Rom gegründete Internationale Landwirtschaftliche Institut hat einen Ausschuß für land-

wirtschaftliche Meteorologie gebildet. Ferner hat die seit einigen Jahren erscheinende italienische Zeitschrift „La Meteorologia Pratica“¹⁾ eine besondere Abteilung für die hierher gehörenden Untersuchungen. Die gleichfalls erst nach dem Kriege ins Leben gerufene, aber sehr rührige Amerikanische Meteorologische Gesellschaft hat unter ihren verschiedenen Arbeitsausschüssen ebenfalls einen, der sich den Aufgaben der landwirtschaftlichen Meteorologie besonders widmet. Wie groß das Interesse dort bereits ist, geht daraus hervor, daß in dieser Gesellschaft der Vorschlag gemacht werden konnte, Stipendien für Schüler der landwirtschaftlichen Meteorologie und Preise für die Bearbeitung von Themen aus diesem Gebiete auszusetzen²⁾. Das U. S. Weather Bureau, das Zentralamt für den gesamten meteorologischen Dienst, unterhält seit langem eine besondere Abteilung, die schon vieles zur Lösung der einschlägigen Fragen beigetragen hat. Ihrem Leiter *J. W. Smith*³⁾ verdanken wir auch neuerdings ein größeres Handbuch der landwirtschaftlichen Meteorologie, das allerdings nach einem Bericht von *C. Kaßner*⁴⁾ völlig auf amerikanische Verhältnisse zugeschnitten ist. Auf dieses Werk sei der Leser verwiesen, der eine umfangreichere Darstellung braucht. In den nachfolgenden Darlegungen konnte nur der Anteil geschildert werden, den der Meteorologe an diesen Fragen hat. Es erschien auch angebracht, zunächst einige Angaben über die Organisation der landwirtschaftlichen Meteorologie in Amerika, sowie über ihre Aufgaben und Arbeitsmethoden vor auszuschicken.

1) La Meteorologia Pratica. Rivista di Meteorologia Agraria, Igienica, Aeronautica ecc. e Bollettino dell'Osservatorio di Montecassino. Erstes Heft Januar-Februar 1920.

2) Bulletin Am. Met. Society II, S. 123, 1921.

3) J. W. Smith, Agricultural Meteorology, The effect of weather on crops. 304 S., 8 Taf. New York 1920. Das Buch ist mir leider nicht selbst bekannt. Nach einem Bericht im Bull. Am. Met. Soc. II, 36, 1921 tragen die Kapitel folgende Überschriften: I. Introductory Meteorology; II. Agricultural Meteorology; III. Agricultural Climatology; IV. Correlation; V. Climate and Crops; VI. Climate and Farm Operations; VII. Weather and Crops; VIII. The Effect of Weather on the Yield of Grains; IX. The Effect of weather on Vegetables and Miscellaneous Crops; X. Weather Forecasts and Warnings; XI. Frost and the Protection of Crops from Frost Damage; XII. Value of Lightning Rods.

4) Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1923, 299—300.

Die Organisation der landwirtschaftlichen Meteorologie in den Vereinigten Staaten.

In Amerika hat man sich schon frühzeitig mit der Wirkung der Witterung auf die Ernteergebnisse beschäftigt. Bereits 1806 sprach *S. de Witt* über das Thema: „Klima, in seiner Beziehung zur Landwirtschaft“ vor der Amerikanischen Landwirtschaftlichen Gesellschaft. Aus der allmählich sich vollziehenden Entwicklung des Wetterdienstes sind folgende Punkte zu erwähnen: 1817 regte *J. Meigs* als „Commissioner“ des „General Land Office“ meteorologische und phänologische Beobachtungen durch die einzelnen Landämter an. Zwei Jahre später richtete der Generalarzt der Armee ein Netz meteorologischer Warten durch die Armeeposten ein. 1837 schufen das Franklin-Institut und der Staat Pennsylvania in ihrem Gebiet ein Beobachtungsnetz. Die Vereinigten Staaten befaßten sich 1842 zum ersten Male amtlich mit der Meteorologie, als *J. P. Espy* zum Meteorologen bei der Regierung ernannt wurde. Das heutige meteorologische Netz geht in seiner Entstehung auf einen Beschluß des Kongresses vom 9. Februar 1870 zurück, durch den der Staatssekretär des Krieges ermächtigt wurde, einen meteorologischen Dienst im ganzen Gebiet der Vereinigten Staaten zu organisieren. So entstand das Werk des „Signal Corps“. In einem Erlaß vom Jahre 1872, durch den entsprechende Geldmittel bewilligt wurden, wird besonders auf die Stationen hingewiesen, die zum Nutzen der Landwirtschaft und des Handels nötig sind. In den folgenden Jahrzehnten wurden die Netze in den einzelnen Staaten geschaffen. Um 1891 herum arbeitete bereits fast in jedem Staate ein besonderer Wetter- und Erntedienst (weather and crop service). Die Veröffentlichung eines regelmäßig erscheinenden Organs, des *Weather and Crop Bulletin*, begann im Mai 1887. Im Juli 1891 wurde der ganze meteorologische Dienst des Signal Service vom Heere abgetrennt und dem Landwirtschaftsministerium (Department of Agriculture) überwiesen, und damit entstand das jetzt noch bestehende Wetterbüro (U. S. Weather Bureau) in Washington.

In dieser Umgestaltung der ganzen Organisation war schon rein äußerlich zum Ausdruck gekommen, welcher Erwerbszweig sich am meisten Hilfe und Nutzen von der Meteorologie versprach, und in der Tat wurde die Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Meteorologie immer enger. Zunächst waren es hauptsächlich die Frostwarnungen, die von den Gärtnern und Obstzüchtern zum Schutze ihrer Pflanzungen angefordert wurden, und als man dann dazu überging, die großen Plantagen durch künstliche Raucherzeugung zu schützen, mußte dieser Warnungsdienst immer mehr ausgebaut und verbessert werden. Viele Jahre hindurch wurde während der eigentlichen Wachstumsperiode des Getreides ein besonderer Dienst für Wetterberichte unterhalten. Diese Arbeiten sind nun seit 1916 in einer be-

sonderen Abteilung für landwirtschaftliche Meteorologie zusammengefaßt.

Ihr Gebiet ist sehr umfangreich. Vor allem sind von dieser Abteilung Untersuchungen aller Art über die Beziehungen zwischen Wetter und Ernte durchzuführen. Dies setzt die Sammlung aller statistischen Unterlagen, die für solche Studien nötig sind, voraus. Daneben sind enge Beziehungen zu den Staatlichen Versuchsstationen (State experiment stations) und ähnlichen Organisationen aufrechtzuerhalten. Ferner hat die Abteilung die Herausgabe von Frostwarnungen und der Vorhersagen für besondere landwirtschaftliche Zwecke vorzunehmen und Untersuchungen über den Frostschutz anzustellen. Sie überwacht den ganzen Bereich des Wetterbüros, der sich auf die Landwirtschaft bezieht und in eine Reihe von Sonderdiensten für die verschiedenen Anbaubezirke eingeteilt ist. Solche Dienste bestehen für das Mais- und Weizengebiet, das Baumwollgebiet, das Zucker- und Reisgebiet, das Obstgebiet, für den Tabakbau, für das Viehweidegebiet u. a.⁵⁾

Die Aufgaben der landwirtschaftlichen Meteorologie und ihre Arbeitsmethoden.

Landwirtschaftliche Meteorologie im weitesten Sinne ist die angewandte Meteorologie, die den Zwecken der Landwirtschaft dienen will. Ein Teil der landwirtschaftlichen Meteorologie ist die landwirtschaftliche Klimatologie. Sie beschäftigt sich mit dem Einfluß der klimatischen Bedingungen auf die geographische Verbreitung der Vegetation, besonders der Kulturgewächse, und der landwirtschaftlichen Betriebsformen.

In der amerikanischen Literatur finden sich folgende hauptsächlich Aufgaben für die landwirtschaftliche Meteorologie angegeben:

1. Durchführung eines allgemeinen Vergleiches der Ernte mit den Witterungsbedingungen, unter denen sie zustande kommt. Lange Vergleichsreihen und die Heranziehung aller Wetterelemente sind hierfür notwendig.
2. Feststellung der sogenannten „kritischen“ Perioden im Wachstum der Pflanzen. Darunter werden kürzere oder längere Zeiträume im Pflanzenleben verstanden, für die ein bestimmter Mindestbetrag an Niederschlag oder Wärme verlangt wird, um eine genügende Ernte hervorzubringen. Wird dieses Minimum nicht erreicht, so wird die Ernte gering ausfallen, selbst wenn während der übrigen Vegetationszeit ein Maximum vorhanden ist.
3. Die Beziehung des Wetters zum Wachstum der Pflanzen und überhaupt zu ihrer ganzen Entwicklung. Einige Stadien wie Keimen, die erste Entwicklung, die Blüte, Fruchtbildung und ihre Reife sind dabei getrennt zu untersuchen. Die Güte der Früchte im Ver-

⁵⁾ Näheres über diese Organisation in „Report of the Chief of the Weather Bureau“ 1915—16, S. 14—18. Über Erfolge des Frostwarnungsdienstes ebendort 1921 bis 22, S. 17—18.

hältnis zu der Witterung ist zu berücksichtigen.

4. Die Vorausberechnung oder wenigstens Abschätzung der Ernte auf Grund des Wetters. Dies setzt genaue Kenntnis der unter 1—3 angeführten Punkte voraus. Die dabei einzuschlagende Methode wird noch besprochen.
5. Die Einwirkung des Frosts und die Mittel, einen wirksamen Frostschutz zu schaffen.
6. Die Beziehungen zwischen dem Wetter und den Formen der Viehzucht.
7. Die Beziehungen der Witterung zum Auftreten der Pflanzenkrankheiten.
8. Die gleichen Beziehungen zum Auftreten der tierischen Schädlinge.
9. Der Zusammenhang zwischen Wetter und Tierkrankheiten (Seuchen).

Die Punkte 7—9 gehören nur mit den allgemeinen Ergebnissen in das Gebiet der landwirtschaftlichen Meteorologie. Die eigentlichen Untersuchungen müssen von denjenigen Stellen ausgeführt werden, denen der Pflanzen- und Tierchutz obliegt.

Von gewisser Seite werden auch noch Studien über die Einwirkung von Temperatur, Sonnenschein und Niederschlag auf die Tätigkeit der Bakterien und anderer Bodenorganismen, die für die Pflanzenentwicklung notwendig sind, zur landwirtschaftlichen Meteorologie gerechnet. Ferner ist angeregt worden, die Löslichkeit der verschiedenen Pflanzendüngemittel, wie Stickstoff- und Phosphorverbindungen, Pottasche usw. in ihrer Abhängigkeit vom Wetter zu untersuchen und ebenso die Fähigkeit, mit der jede Pflanze diese künstliche Nahrung aufnehmen kann, als abhängig von den Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens. Nach deutschen Begriffen gehören diese Probleme aber nicht mehr in den Bereich der landwirtschaftlichen Meteorologie, sondern sind den eigentlichen Landwirten für das Studium der Bodenkunde zu überlassen.

Die Ergebnisse pflanzenphysiologischer Untersuchungen findet man gleichfalls häufig in amerikanischen meteorologischen Zeitschriften angeführt, ein Beweis, wie sehr der Meteorologe sich dort um diese Dinge kümmert, die ihm sicherlich manchen Anhalt zur Erklärung gewisser Tatsachen bieten.

Aus den angeführten Aufgaben ist jedenfalls zu sehen, daß das Gebiet der landwirtschaftlichen Meteorologie, wie schließlich das jeder angewandten Wissenschaft, nicht scharf abgegrenzt ist, sondern häufig auf Nachbargebiete übergreift. Die Grenzen werden auch verschieden abgesteckt werden, je nachdem man von der Seite der Meteorologie oder der Landwirtschaft an diese Fragen herantritt. Ein enges Zusammenarbeiten mit den Vertretern der in Betracht kommenden Gebiete ist daher notwendig. In Amerika scheint man sich dieses Zusammenarbeitens auch sehr zu befleißigen.

Welche nützlichen Folgen das erfolgreiche Studium der eben näher bezeichneten Fragen für die praktische Landwirtschaft haben kann, erzählt ein Bericht, den L. Dop⁶⁾ 1920 dem Internationalen Landwirtschaftlichen Institut vorlegte und der von diesem gebilligt wurde. Nach Aufzählung ähnlicher Punkte als Arbeitsaufgaben hebt der Berichterstatter hervor, daß die Bestrebungen ganz allgemein darauf hinielen müssen, mit Hilfe der gefundenen Tatsachen zu versuchen, die Schädigungen ungünstiger Jahreszeiten möglichst auf ein Minimum herabzuschrauben. Als Maßnahmen werden vorgeschlagen:

1. Verlegung der Vegetationsphase, die gerade mit einer störenden kritischen Periode zusammenfällt, in der Weise, daß sie unter günstigere meteorologische Bedingungen kommt. Wenn z. B. die Wahrscheinlichkeit für eine während des betr. Vegetationsstadiums besonders schädigend wirkende Trockenperiode am Ende des Monats größer ist, als am Monatsanfang, dann wird es vorteilhaft sein, die Aussaat 14 Tage früher vorzunehmen oder eine Sorte zu wählen, die die kritische Zeit in einem früheren Entwicklungsstadium durchmacht.
2. Künstliche Veränderung der ungünstigen meteorologischen Bedingungen während der kritischen Periode, z. B. durch Bewässerung.
3. Feststellung und Verbesserung der Arten, welche gegenüber den ungünstigen meteorologischen Bedingungen die größte Widerstandskraft haben.

Um diese Ziele der landwirtschaftlichen Meteorologie zu erreichen, kann sich der Forscher verschiedener Methoden bedienen:

Die zuerst zu nennende Laboratoriumsmethode, die mit Hilfe des Experimentes all Faktoren, die den Pflanzenwuchs beeinflussen, studieren will, wird an den landwirtschaftlichen Versuchsanstalten mit Erfolg angewandt. Für den Meteorologen scheidet sie aus, er wird nur, wie bereits oben angedeutet, sich unter Umständen ihrer Ergebnisse mit Nutzen bedienen können. Die zweite Methode, die man als die statistische bezeichnen kann, setzt eine lange Reihe von Feldbeobachtungen voraus. Sie müssen sich sowohl auf die Beobachtung aller meteorologischen Elemente als auch der verschiedenen Phasen im Pflanzenleben von der Aussaat bis zur Ernte und auch aus dem Tierleben erstrecken. Durch bestimmte Gruppierung des Beobachtungsmaterials und durch Vergleich der beiden Reihen werden sich Schlüsse auf die Beziehungen zwischen der Witterung und den Vorgängen im Pflanzen- und Tierleben ziehen lassen. Stehen besonders lange

⁶⁾ Nach R. H. Hooker, Forecasting the crops from the weather. Quart. Journ. Royal Meteorological Society London 47, S. 98. 1921. Die Aufgaben der landwirtschaftlichen Meteorologie sind auch behandelt in G. Azzi, The problem of agricultural ecology. Monthly Weather Review 1922, 193—96.

Beobachtungsreihen zur Verfügung, so stößt der Forscher in ihrem Verlauf auf Schwankungen, die sich mit mehr oder minder ausgesprochener Regelmäßigkeit wiederholen und so eine periodisch wirkende Ursache verraten.

Um den Verlauf der beiden zu vergleichen, den Zahlenreihen übersichtlich zu gestalten, bediente man sich früher meist der graphischen Methode. Hierbei werden die Zahlenfolgen durch Kurven dargestellt und diese ihrem Aussehen nach verglichen. Diese Methode ist aber nur ganz roh. Sie läßt der persönlichen Auffassung in der Ähnlichkeit der beiden Kurven großen Spielraum und gestattet überhaupt keinen schärferen Ausdruck für die größere oder geringere Übereinstimmung der Kurven. Seit ungefähr 15 Jahren ist nun in der Meteorologie eine rechnerische Methode häufiger angewandt worden, die einen vergleichbaren, zahlenmäßigen Wert für den Grad der Beziehungen zwischen zwei Kurven gibt; es ist die Methode der sogenannten Korrelationsfaktoren⁷⁾. Der Berechnung dieser Größe liegen folgende Gedankengänge zugrunde:

Sind von zwei Zahlenreihen die Abweichungen der einzelnen Zahlen vom arithmetischen Mittelwert gebildet, so sind die Summen der Abweichungen jeder Reihe = 0, also $\sum x = 0$ und $\sum y = 0$. Hat man die beiden Zahlenreihen in Kurven graphisch dargestellt und verlaufen diese ähnlich, so wird im allgemeinen einer positiven Abweichung von x auch eine positive Abweichung von y entsprechen. Das Produkt $x \cdot y$ ist dann ebenfalls positiv und die Summe aller Produkte wird um so größer, je reiner die angenommene Beziehung vorhanden ist. Verlaufen die beiden Kurven aber entgegengesetzt, so daß die eine Kurve mehr oder minder das Spiegelbild der andern Kurve ist, so haben die korrespondierenden Abweichungen das entgegengesetzte Vorzeichen und die Summe der Produkte ist dann negativ, und zwar ist dieser Wert wiederum um so größer, je stärker das spiegelbildmäßige ausgesprochen ist. Stehen schließlich die Reihen in gar keiner Beziehung zu einander, so muß, wie leicht zu verstehen ist, die Summe $\sum xy$ gleich Null werden. Um diesen Wert von den in verschiedenen Maßen gegebenen Abweichungen unabhängig zu machen, dividiert man ihn durch die Wurzel aus dem Produkt $\sum x^2 \cdot \sum y^2$. Die so gestaltete Größe r bezeichnet man als den Korrelationskoeffizienten, er hat die Form:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

Bei vollkommener Übereinstimmung der beiden Kurven wird $r = +1$, bei ganz entgegen-

gesetztem Verlauf wird $r = -1$. Ist keine Beziehung vorhanden, so nähert sich der Korrelationsfaktor dem Wert 0.

Da wir es aber meistens mit einer nicht unendlichen Zahl von Einzelwerten zu tun haben, so wird es häufig vorkommen, daß bei kurzen, in gar keiner Beziehung zueinander stehenden Reihen sich die gänzlich regellosen Abweichungen von x und y in der Summe ihrer Produkte nicht aufheben, sondern noch einen von 0 in größerem oder kleinerem Maße abweichenden Wert liefern, was natürlich nur irreführend wirken kann. Man muß daher noch den wahrscheinlichen Fehler berechnen. In der Praxis hat es sich herausgestellt, daß eine Beziehung als sicher bestehend anzusehen ist, wenn r den sechsfachen Betrag des wahrscheinlichen Fehlers erreicht⁸⁾.

Die Abschätzung der Ernteerträge.

Zur Lösung dieses Problems sind zwei Wege eingeschlagen worden. Im Verfolg des ersten hat man versucht, Periodizitäten im Verlauf der meteorologischen Elemente und als Folgeerscheinung ähnliche periodische Änderungen der Ernteergebnisse festzustellen. Rein theoretisch betrachtet, ist nicht einzusehen, warum auf diese Weise nicht ein gewisser Erfolg erzielt werden sollte. Würde es nämlich gelungen sein, eine bestimmte Periodizität festzustellen, so könnte man die z. B. in Form einer graphischen Darstellung vorhandene Beobachtungsreihe früherer Ernteergebnisse in bestimmter Weise verlängern und so mindestens die nächste, höchstwahrscheinlich aber auch noch eine gewisse Anzahl der folgenden Ernten vorausbestimmen. In der Praxis gestalten sich die Dinge aber nicht so einfach. Die Zerlegung der vorhandenen Beobachtungsreihen hat leider eine solche Menge verschiedener Periodizitäten mit stark voneinander abweichenden Amplituden und Phasen erkennen lassen, daß es vorläufig unmöglich ist, eine nur einigermaßen zuverlässige Prognose darauf zu gründen, zumal sich die Wellen in scheinbar ganz willkürlicher Weise überlagern. H. L. Moore⁹⁾ hat z. B. die Niederschlagsmengen von Ohio und Illinois und den Ausfall der Ernte in den Vereinigten Staaten untersucht und zwei Zyklen von 8 und 33 Jahren Dauer festgestellt. Die 33jährige Periode führt er auf eine Übereinanderlagerung der 8- mit einer 4jährigen zurück. Da aber noch einige bemerkenswerte Abweichungen zwischen dem Periodogramm

⁸⁾ Über die Bedingungen, unter denen die Korrelationsmethode nur anzuwenden ist, s. z. B. Shaw, *The Computer's Handbook*, Section 5, Computations related to the theory of probabilities. London, Meteor. Off. 1919, M. O. Nr. 223, Sec. 5, und S. M. Jacob, *Correlation of areas of matured crops and rainfall*. Calcutta, Mem. As. Soc. Beng. 11, 1910. R. H. Hooker, *Forecasting the crops from the weather*, Quarterly Journal 47, 1921, 82 u. f.

⁹⁾ H. L. Moore, *Economic cycles, their law and cause*, 1914; Journ. R. Stat. Soc. 1919, S. 373 und 1920, S. 445; nach Hooker a. a. O. S. 78.

⁷⁾ Die Literatur über die Korrelationsmethode ist sehr groß. Ich führe nur an: C. Udny Yule, *An introduction to the theory of statistics*, London, 2. Aufl., 1912, und die kurzen Ausführungen in Hann-Süring: *Lehrbuch der Meteorologie*, III. Aufl., S. 775—77.

und den tatsächlich eingetroffenen Ernten vorhanden sind, vermutet Moore, daß möglicherweise noch eine weitere 6-jährige Periode wirksam ist, die diese Unregelmäßigkeiten hervorbringt. Die Verhältnisse sind demnach sehr verwickelt, weshalb diese Methode noch kein brauchbares Resultat erzielt hat und mit den z. Z. zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln wohl auch nicht erzielen wird.

Der zweite Weg zu einer Abschätzung des zu erwartenden Ernteergebnisses ist zunächst rein statistischer Art. Bei seiner Anwendung werden die verschiedenen Anomalien der Ernte, d. h. die Abweichungen der einzelnen Jahresergebnisse vom Mittelwert mit entsprechenden Abweichungen der meteorologischen Elemente verglichen. Dabei sind die Erntebeträge mit den meteorologischen Daten für die verschiedensten Zeiträume in Beziehung gesetzt worden, und auf diese Weise gelang es, Perioden zu ermitteln, die von mehr oder minder entscheidendem Einfluß auf das Ernteergebnis sind. Die wirksamsten von ihnen sind die bereits erwähnten „kritischen“ Perioden. Die Ergebnisse dieser Methoden hingen natürlich von dem vorhandenen Beobachtungsmaterial sehr ab. Erst die neuerdings zur Verfügung stehenden längeren Reihen mit zuverlässigen Beobachtungen brachten gesicherte Ergebnisse, die bei weiterer Forschung fortschreitende Erkenntnis für die Zukunft erhoffen lassen. Besonders bedeutete die Einführung der Korrelationen fraglos einen großen Schritt auf dem Wege zum gesteckten Ziel¹⁰⁾.

Aus dem Kreis der amerikanischen Meteorologen, die sich mit der Vorabschätzung des Ernteergebnisses beschäftigt haben, greife ich vier heraus: J. Warren Smith, H. A. Wallace, Th. A. Blair und J. B. Kincer. Die Ergebnisse ihrer Arbeiten dürften am besten den Stand der ganzen Frage beleuchten.

J. Warren Smith¹¹⁾ geht bei seinen Untersuchungen von dem Gedanken aus, daß alle Pflanzen eine bestimmte kritische Periode haben, so daß, wenn diese mit günstigem Wetter zusammenfällt, eine gute Ernte, dagegen wenn sie mit ungünstigem Wetter zusammenfällt, eine schlechte Ernte eintritt, und daß es wohl möglich ist, diese bestimmte Periode im Pflanzenleben und auch das Wetterelement, das am wirksamsten ist, herauszufinden. Die kritische Periode kann ganz verschiedene Länge haben; bei einigen Pflanzen ist sie sehr kurz. In dem einen Fall ist der Niederschlag, in dem andern Fall die Temperatur das wirksamste. Auch die Lage der kritischen Periode im Pflanzenleben wechselt sehr stark. Bei einigen Pflanzen liegt sie bald nach

der Aussaat, bei anderen zur Zeit der Blüte. Smith hat die Beziehungen zwischen dem Wetter und der Maisernte im Staate Ohio untersucht und dabei zwischen dem Juliniederschlag und der Maisernte eine Korrelation von $+0.59$ bei einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.057 gefunden. Die Niederschlagsmengen im Juni und August, für die gleichfalls die Korrelationen berechnet wurden, haben fast gar keinen Einfluß. Juli und August zusammengekommen ergaben dagegen eine noch ausgeprägtere Korrelation von $+0.67$. Die für die kritische Periode erforderliche Regenmenge berechnet Smith zu 76 mm und bestimmte auch weiter die Größe der Abweichungen in den Erntebeträgen, die bestimmten Fehlbeträgen des Niederschlags entsprechen. Die Zahlen werden hier absichtlich nicht mitgeteilt, da sie nur für einen bestimmten Bezirk Geltung haben. Von größerer Bedeutung war es aber, daß Smith sich von der willkürlich gewählten Zeiteinteilung der Monate freimachte und seine Untersuchung auch für kürzere Zeitabschnitte, nämlich für eine Zeitspanne von 10 Tagen, durchführte und diese dann wieder zu 20-tägigen und 30-tägigen Perioden zusammenfaßte, aber so, daß sich letztere nicht mit den Monaten deckten. Es zeigte sich, daß der Niederschlag in den 10 Tagen, die auf die Blüte folgen, d. h. vom 1. bis 10. August, von ganz entscheidendem Einfluß auf die Ernte ist. Der für diese Zeitspanne berechnete Korrelationskoeffizient beträgt 0.74 und steht weit über den Korrelationen anderer Zeiträume aus dem Pflanzenleben mit dem Niederschlag. Für die Temperatur konnten nur geringe oder gar keine Beziehungen nachgewiesen werden. Jedenfalls hält es Smith für möglich, auf Grund der von ihm festgestellten Wahrscheinlichkeiten, die in der Originalarbeit noch mehr in das Einzelne gehen, als es hier dargestellt werden konnte, etwa am 10. August eine Abschätzung der zu erwartenden Maisernte zu geben. Das mittlere Datum der Reife fällt nach dem Zeitraum 1893—1912 auf den 13. September.

Für Winterweizen war es dagegen bedeutend schwieriger, für Ohio einen besonders ausschlaggebenden Witterungsfaktor und auch die kritische Periode festzustellen. Zwischen Ernte und Niederschlag wurden gar keine festen Beziehungen gefunden und auch die Temperaturänderungen sind nicht groß genug, um einen entscheidenden Einfluß auszuüben, höchstens könnte man der Temperatur des März eine gewisse Wirkung zusprechen.

Die von Smith gefundene Tatsache, daß der Juliniederschlag die Maisernte bedingt, gilt nach den Arbeiten von H. A. Wallace¹²⁾ nicht für den Staat Iowa. Wallace hat deshalb die Untersuchungen von Smith in größerem Umfange fortgesetzt und die Beziehungen zwischen Maisernte, Niederschlag und Temperatur in den Monaten

¹⁰⁾ Über den Anteil der englischen Meteorologen an der Lösung dieser Frage s. Hooker a. a. O.

¹¹⁾ J. Warren Smith, The effect of weather upon the yield of corn — Monthly Weather Review 1914, 78—93. — Ders., Agricultural meteorology — ebenda 1916, S. 74—75.

¹²⁾ H. A. Wallace, Mathematical inquiry into the effect of weather on corn yield in the eight corn belt states. Monthly Weather Review 1920, 439—446.

Mai, Juni, Juli und August für jeden der acht Staaten: Iowa, Illinois, Indiana, Kansas, Minnesota, Missouri, Nebraska und Ohio, die die eigentlichen Maisbezirke umfassen, festgestellt. Die untersuchte Beobachtungsperiode umfaßte die Jahre 1891—1919. Nach Ausschaltung der säkularen Schwankungen aus dem Ernteergebnis werden folgende Korrelationskoeffizienten zwischen Ernte und Wetter, getrennt nach Temperatur und Niederschlag, berechnet (s. Tab. 1):

Tabelle 1.

	Ernte und Temperatur				Ernte und Regenfall			
	Mai	Juni	Juli	August	Mai	Juni	Juli	August
Indiana	+ 0,20	— 0,12	— 0,47	+ 0,04	+ 0,07	+ 0,08	+ 0,59	+ 0,42
Illinois	+ 0,22	— 0,32	— 0,64	— 0,14	+ 0,10	+ 0,11	+ 0,65	+ 0,33
Iowa	+ 0,15	— 0,10	— 0,29	— 0,02	— 0,06	+ 0,12	+ 0,12	+ 0,27
Kansas	— 0,06	— 0,48	— 0,75	— 0,56	+ 0,46	+ 0,41	+ 0,77	+ 0,54
Minnesota	+ 0,22	+ 0,38	— 0,08	+ 0,40	+ 0,04	0,00	+ 0,13	+ 0,42
Missouri	— 0,03	— 0,57	— 0,65	— 0,54	+ 0,26	+ 0,34	+ 0,53	+ 0,50
Nebraska	— 0,11	— 0,22	— 0,59	— 0,42	+ 0,43	+ 0,28	+ 0,59	+ 0,38
Ohio	+ 0,33	— 0,10	— 0,17	— 0,09	— 0,31	+ 0,13	+ 0,65	+ 0,35

Tabelle 2.

Staat	Wetterkombination	Korrelation
Missouri	Junitemperatur, Julitemperatur, Augusttemperatur	0,79
Iowa	Maitemperatur, Julitemperatur, Augustniederschlag	0,46
Iowa, Polk County	Junitemperatur, Julitemperatur, Augustniederschlag	0,62
Iowa, Floyd County	Maitemperatur, Junitemperatur, Augustniederschlag	0,41
Nebraska	Mainiederschlag, Julitemperatur, Juliniederschlag	0,67
Indiana	Julitemperatur, Juliniederschlag, Augustniederschlag	0,66
Minnesota	Junitemperatur, Augusttemperatur, Augustniederschlag	0,56
Ohio	Maitemperatur, Juliniederschlag, Augustniederschlag	0,75
Illinois	Maitemperatur, Julitemperatur, Juliniederschlag	0,81
Kansas	Juniniederschlag, Juliniederschlag, Augustniederschlag	0,86

Der Verfasser gibt leider nicht die Größe der wahrscheinlichen Fehler an. Nehmen wir aber an, die errechneten Korrelationen bestehen zu Recht, so zeigt die Tabelle bemerkenswerte Unterschiede für die einzelnen Staaten. In Ohio ist, übereinstimmend mit dem vorher angeführten Ergebnis von *Smith*, der Juliniederschlag ganz unzweifelhaft der wirksamste Wetterfaktor. Daneben machen sich noch der Augustregenfall und die Maitemperatur bemerkbar. In einigen westlich von Ohio gelegenen Staaten, wie Illinois und Missouri, tritt die Julitemperatur stärker hervor, der Niederschlag in diesem Monat dagegen sehr zurück. In Iowa und Minnesota ist der Juliniederschlag fast ganz bedeutungslos. Der Wechsel der Korrelationen beweist jedenfalls, daß die jeweiligen Beziehungen immer nur für einen verhältnismäßig begrenzten Bezirk gelten. Der sehr naheliegenden Frage, warum dies so ist, ist noch nicht nachgegangen worden.

Da die vorstehend mitgeteilte Tabelle lehrte, daß neben der Hauptbeziehung meist noch zwei andere, wenn auch nicht so stark ausgeprägte Beziehungen gelten, nahm *Wallace* die drei größten Beziehungen, ganz gleich ob sie für Temperatur oder Niederschlag bestehen, heraus und vereinigte sie in bestimmter Weise zu einem weiteren Korrelationskoeffizienten. Die Tabelle 2 gibt die verschiedenen Wetterkombinationen und die entsprechenden Korrelationen.

Von Iowa und Minnesota abgesehen, ergeben die anderen Staaten genügend ausgeprägte Korrelationen, die es gestatten, mit Hilfe einer Gleichung aus den drei bekannten Faktoren den Erntebetrag zu berechnen. *Wallace* hat solche Rechnungen durchgeführt und die errechnete Ernte mit der tatsächlich eingetretenen verglichen. Wenn das errechnete Ergebnis mit dem tatsächlich eingetretenen noch nicht in allen Fällen genügend übereinstimmt, so darf dies trotzdem nicht abschrecken. Vielleicht wäre es auch vorteilhafter gewesen, kürzere Perioden zu nehmen.

Die Tabelle zeigt schließlich, daß jeder Staat ein besonderes Problem für sich allein bietet, und in jedem Staate jede Landschaft eigentlich wieder besonders behandelt werden muß. In Polk County (Iowa) schädigt ein zu warmer Juni die Ernte insofern, als jeder Grad des Temperaturüberschusses die Ernte um 0,8 bis 1 % schmälert.

In dem nur 150 Meilen nördlicher gelegenen Floyd County im gleichen Staate liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt. Hier vermehrt jeder Grad Wärmeüberschuß die Ernte um 1 %. In den südlichen Staaten, besonders in Kansas, Missouri und dem südlichen Illinois ist es verhältnismäßig einfach, das Ernteergebnis vorauszuberechnen, da im wesentlichen nur der Grad der Trockenheit und der Wärme im Juni, Juli und August zu berücksichtigen ist. In den nördlichen Staaten dagegen und vor allem im nördlichen Iowa versagt die Methode der Korrelationen.

Die gleichen Untersuchungsmethoden hat Th. A. Blair¹³⁾ zur Berechnung der Winterweizenernte in Ohio angewandt. In diesem Staate wird der Winterweizen im September gesät und im Juli geerntet, er ist also den Witterungseinflüssen besonders lange ausgesetzt. Es war deshalb unwahrscheinlich, daß irgendeine kurze Zeit einen verhältnismäßig großen Einfluß auf die Ernte haben sollte, vielmehr wurde angenommen, daß der Verlauf der Witterung in dem gesamten Zeitraum wirkungsvoll sein würde. Trotzdem gelang es Th. Blair, gewisse Beziehungen als wahrseheinlich hinzustellen. Allgemein konnte er für den ganzen Staat nachweisen, daß ein warmer März und Juni und ein kühler und trockener Mai auf das Ergebnis der Winterweizenernte günstig einwirken. Es ist wahrscheinlich, daß es im April, Mai und Juni sogar gewisse 10-Tagesperioden gibt, die als kritische Perioden anzusprechen sind. In den Gegenden, die im Winter einer stärkeren und länger anhaltenden Schneebedeckung ausgesetzt sind, müssen die Schneeverhältnisse bei der Abschätzung der Ernte mit berücksichtigt werden. Gewöhnlich glaubt man, daß eine gute Schneedecke den Ertrag des Winterweizens steigert und daß ein Fehlen der Schneebedeckung den Ertrag verringert. Aber nach den Feststellungen von J. W. Smith¹⁴⁾, die von Th. A. Blair bestätigt gefunden wurden, läßt sich ein verbessernder Einfluß der Schneedecke nicht nachweisen, im Gegenteil scheint die Tatsache zu bestehen, daß nackter Boden im Januar durch Frieren und Auftauen günstig beeinflusst wird. Dagegen wurde als sicher nachgewiesen, daß ein stärkerer Schneefall im März für die Ernte sehr verhängnisvoll ist.

Von großem praktischen Nutzen ist schließlich das Ergebnis, das J. B. Kincer¹⁵⁾ bei seinen Untersuchungen über den Zusammenhang der Witterung mit der Baumwollernte gefunden hat. Unter Berücksichtigung meteorologischer Daten läßt sich danach eine wesentlich bessere Abschätzung der Gesamtbaumwollernte geben als

dies mit den jetzt angewandten Methoden möglich ist.

Die Baumwollernte beginnt in dem äußersten Süden von Texas ungefähr am 1. Juli. Etwa Mitte August ist sie auch in den südlichen Teilen der übrigen Golfstaaten in vollem Gange, und während der ersten Septemberdekade greift die Ernte auf die nördlicheren Gegenden über. Da aber die Arbeit des Pflückens nur sehr langsam vorschreitet, dehnt sich die Ernte über mehrere Monate aus und findet ihr Ende erst im Winter. Über den Fortschritt der Ernte berichtet das Handelsministerium in der Zeit vom 1. September bis 21. März durch zehn vorläufige Berichte, die die geernteten Baumwollmengen melden. Diese Berichte sind für die kaufmännischen und gewerblichen Kreise, die sich mit der Baumwolle befassen, von großer Wichtigkeit, weil sie zunächst einen Überblick über die tatsächlich zu einem gegebenen Zeitpunkt verfügbaren Baumwollmengen bieten, dann aber auch eine Schätzung der zu erwartenden Gesamtmenge erlauben. Die erste amtliche derartige Schätzung wird ungefähr am 12. Dezember vom Landwirtschaftsministerium gegeben. Der Grad ihrer Zuverlässigkeit hängt von der Berücksichtigung der Witterung ab, die natürlich den Fortgang und den Ertrag der Ernte sehr stark beeinflusst. Die Ernteerträge in dem ersten Teil der Pflückperiode hängen zunächst vor allem von dem früheren oder späteren Eintritt der Reife ab. Später wird dann die Ernte nur durch die herrschende Witterung beeinflusst. Kincer hat nun die Beziehungen zwischen dem Ernteertrag im November und der gleichzeitigen Witterung festgestellt und nimmt mit Hilfe dieser Beziehungen eine Schätzung der Gesamternte vor.

Die Häufigkeit des Regens und die Stärke der Bewölkung sind die wirksamsten Faktoren, was sich in besonders engen Beziehungen zwischen den bedeckten und den Regentagen einerseits und dem Verhältnis der im November geernteten zu der noch am 1. November ungeerntet gebliebenen Menge andererseits ausdrückt. Der für die Periode 1905—1919 errechnete Korrelationskoeffizient erreichte hierfür den sehr hohen Wert von -0.91 bei einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.03 . Mit Hilfe einer einfachen linearen Gleichung wird dann die Gesamternte berechnet. Die Methode wurde für die erwähnten 15 Jahre nachgeprüft und bestätigt gefunden. Die errechneten Mengen wichen von den tatsächlich geernteten im Mittel nur um $1\frac{1}{4}\%$ ab. In nur 5 Jahren erreichte der Schätzungsfehler den Betrag von 2 %, in 9 Jahren überschritt er nicht $1\frac{1}{2}\%$, und in 7 Jahren war er geringer als 1 %. Diese Schätzung der Gesamternte kann bereits Anfang Dezember gegeben werden, während der Gesamtbericht des Ministeriums erst im März oder noch später erfolgt.

Diese Ergebnisse der Forschungen nord-amerikanischer Meteorologen zeigen, wie dort

¹³⁾ Th. A. Blair, A statistical study of weather factors affecting the yield of winter wheat in Ohio, Monthly Weather Review 1920, 841—847.

¹⁴⁾ a. a. O. Monthly Weather Review 1916, S. 75.

¹⁵⁾ J. B. Kincer, Computing the cotton crop from weather records and ginning records, Monthly Weather Review 1921, S. 295—299.

das schwierige Problem der Abschätzung der Ernteerträge angefaßt wird und welche Erfolge damit erzielt worden sind. Ganz ausgesprochen scheinen diese nach den Kincerschen Untersuchungen über das Abschätzen der Baumwollenernte zu sein. Nur ist dabei zu berücksichtigen, daß es sich nicht um eine noch in der Entwicklung begriffene, sondern um eine bereits ausgereifte Ernte handelt, deren Ertrag während der verhältnismäßig langen Zeit, die zum Ernten nötig ist, durch die Witterung mehr oder weniger geschmälert werden kann.

Größer sind, wie hervorgehoben, die Abweichungen zwischen der Schätzung und dem wirklichen Ertrag, wenn von der Witterung einer besonders empfindlichen Periode im Pflanzenleben, der kritischen Periode, oder von der Witterung eines anderen mehr oder minder langen Zeitraumes ausgegangen wird. Eine sehr nahe liegende Überlegung zeigt, daß diese Methode später eintretende, ganz anomale und daher besonders wirksame Witterungsperioden außer acht läßt. Eine der Wirklichkeit möglichst nahe kommende Schätzung müßte auch diese berücksichtigen. Dies hängt aber mit der Möglichkeit einer sicheren, möglichst langfristigen Wetterprognose zusammen und hat dort seine Grenze, wo sich augenblicklich die Grenzen der Wettervorhersage befinden. Daß eine Prognose auf längere Zeit im voraus, und wenn sie zunächst auch nur den durchschnittlichen Charakter der Witterung längerer Zeiträume angibt, gerade für die Vorhersage des Ernteergebnisses von sehr großer Bedeutung sein würde, ist daher ohne weiteres klar.

Neuerdings scheint W. Smith¹⁶⁾ die eben erörterten Bedenken bei weiteren Untersuchungen berücksichtigt zu haben. Es liegt hierüber bis jetzt nur eine vorläufige kurze Mitteilung vor, die mir erst nach Abschluß meiner Ausführungen bekannt geworden ist. Sie läßt aber einen solch bedeutenden Fortschritt in der Lösung der ganzen Frage erkennen, daß noch auf sie eingegangen werden muß.

Zwei Punkte bedingen vor allem diesen Fortschritt: erstens die weitere Verkürzung des betrachteten Zeitabschnittes bis auf eine Woche, was natürlich eine sehr mühsame Umarbeitung des meist in Monatsabschnitten zusammengefaßten Beobachtungsmaterials bedeutete; zweitens die Berechnung des sogenannten „Wetterindex“.

¹⁶⁾ J. Warren Smith, Influence of the weather on the yield of crops. Monthly Weather Review 1922, S. 567—572.

Um diesen zu bestimmen, wurden zunächst die Witterungsbedingungen der ganzen Periode, für die er abgeleitet werden soll, Woche für Woche festgestellt. Diejenigen Witterungsvorgänge, die als schädlich für die Entwicklung der Ernte anzusehen sind, wurden herausgegriffen, und ihre Summierung ergibt einen Zahlenausdruck, der als „Wetterindex“ bezeichnet wird. Wie im einzelnen die Bestimmung des Witterungscharakters der einzelnen Wochen geschieht und nach welchem Kriterium sie als schädlich und nicht schädlich angesehen werden, wird leider in der vorläufigen Mitteilung nicht gesagt. Der Vorteil dieser neuen Arbeitsmethode besteht darin, daß nicht nur die kritischen Perioden oder andere Zeitabschnitte berücksichtigt werden, sondern statt dessen der Verlauf der Witterung in der ganzen Entwicklungszeit bis zum Termin, an dem die Erntepronose gegeben wird. Smith hat für Hafer, Mais und Baumwolle die Ernten berechnet. Zugrunde gelegt wurde für Hafer die Witterung bis zum 1. September, für Mais und Baumwolle bis zum 1. August. Das Ergebnis ist sehr zufriedenstellend. Die mittleren Abweichungen in einer 27jährigen Periode zwischen dem errechneten und tatsächlich eingetretenen Ernteertrag betrugen für Hafer 0,8 Bushel¹⁷⁾ auf den „Acker“¹⁸⁾, bei einer größten Abweichung von — 2,3 Bushel 1914. Für Mais war die mittlere Abweichung 0,7 Bushel, die größte + 1,4 1906. Die Vorhersage der Baumwollernte zeigte eine mittlere Abweichung von 3,4 Pfund auf den Acker; bei einer maximalen Abweichung von — 7,5 Pfund in 1917, was nur 3,6 % der Gesamternte war. Die von Smith mitgeteilten Diagramme, die graphisch die Übereinstimmung zwischen der wirklichen und der errechneten Ernte zeigen sollen, wirken außerordentlich überzeugend, zumal wenn die starken Schwankungen der Ernte von Jahr zu Jahr berücksichtigt werden. Man darf daher mit großer Spannung der ausführlichen Mitteilung der außerordentlich wertvollen Untersuchungen entgegensehen. Wünschenswert wäre dabei nur, zu erfahren, welchen Vorteil die neue auf meteorologischen Grundlagen aufgebaute Methode gegenüber den seit langem angewandten Schätzungen der landwirtschaftlichen Sachverständigen hat, die das Ernteergebnis nur nach dem Stand des Getreides zu beurteilen pflegen.

¹⁷⁾ 1 Bushel = 35.24 l.

¹⁸⁾ 1 „Acker“ = 4046 qm.

Der Hai¹⁾.

Von H. Braus, Würzburg.

Die Meinung ist sehr weit verbreitet, daß es — so wie es einen Wolf, einen Tiger, einen Löwen gibt — so auch einen Hai gäbe, und der sei dem Menschen sehr gefährlich. In allen Badeorten aller Länder wird lebhaft erörtert, wie es damit

stehe; es wird vorausgesetzt, daß der Schwimmer sich nur in die See wagen könne, wo es gewöhn-

¹⁾ J. Frank Daniel, The Elasmobranch Fishes, Berkeley, University of California Press, 1922, XI, 334 S. und 260 Abbild. 17 × 26 cm.

lich keine Haie gäbe. Wehe, wenn eine der Bestien sich an einen Badestrand verirrt oder wenn ein Passagier über Bord fällt und der beutehungrigen Schar, die dem Schiff folgt, zur Beute wird.

Die Wissenschaft sieht die Dinge anders. Es gibt über hundert verschiedene Arten von Haien, darunter ganz kleine, die nicht größer werden als die Länge einer Hand, auch Riesen und dazwischen alle möglichen Längen, die von der betreffenden Art nicht überschritten werden. Manche sind ganz harmlose Pflanzenfresser, welche von den kleinen zwischen den Pflanzen verborgenen Meerestierchen leben, andere zermalmen hartschalige Kruster am Meeresboden, viele sind Räuber großen Stiles, welche anderen Fischen nachstellen. Die Fischer, welche Haie fangen — denn sie werden im Süden sehr viel gegessen und schmecken zum Teil recht gut —, verwenden Fische als Köder, am liebsten Fleisch vom Hai selbst, ein Beweis, daß er seinesgleichen nicht verschmäht. Die Langleinen, welche in allen Ländern unseres Planeten benutzt werden, um Fische aus großen Tiefen mit der Angel zu fangen, bestehen aus horizontal über dem Meeresboden angebrachten Schnüren, an welchen in kurzen Abständen Angelleinen mit Angelhaken befestigt sind. Ich habe im Mittelmeer bei eigenen Haijagden oft gesehen, daß sich ein Hai an der gewöhnlichen Angel gefangen hatte, wenn der Köderfisch von einem größeren Fisch, z. B. einer Dorschart, geschnappt worden war und nun zufällig ein Hai diesen erhaschte: dann saßen drei Fische ineinander, der Hai, der Dorsch und der Köderfisch. Für große Haiarten wird eine Angel von der Größe der Haken benutzt, an welchen die Fleischer in ihren Auslagen große Fleischstücke aufzuhängen pflegen; als Köder dient entweder Fleisch des Thunfisches oder Haifisch (gewöhnlich wird gesalzenes Fleisch dazu bereitgehalten). Ich habe mich immer gewundert, daß meine Fischer auf den liparischen Inseln von dem großen, besonders schmackhaften Tiefseehai, welchem ich seiner Eier und ungeborenen Jungen wegen nachstellte (*Hexanchus griseus*), nie eines der Tiere unausgeweidet an Land brachten, wie sie es bei allen anderen Haiarten taten. Als wir gute Freunde geworden waren, erzählten sie mir den Grund, weshalb sie sich nicht scheuten, das ganze Boot jedesmal mit dem Blut und den Eingeweiden des Tieres zu beschmutzen: sie hatten früher stets die Tiere am Lande ausgeweidet, aber da hatten sie einmal Knochen in dem Magen eines besonders großen Exemplars gefunden, sie hatten sie für die Knochen einer kleinen Walart gehalten, aber der herbeieilende Pfarrer hatte erklärt, es seien Menschenknochen und dieser Menschenfresser müsse mit seinem Inhalt in die Kirche, damit den Resten des Verstorbenen der Segen der Kirche zuteil werde. So verschwand für die armen Leute ihre wertvolle Beute auf Nimmerwiedersehen, und sie entfernten von da ab vor-

sichtig alle Spuren von etwaiger Menschenfresserei, ehe sie sich dem Lande näherten. Mich ließen sie ruhig nachspüren. Ich habe nie im Magen dieser Riesen Menschenknochen gefunden. ~~Wäre es auch für unmöglich, daß Tiefseeformen~~ einen Menschen erhaschen können. Es gibt aber einzelne große Haiarten, die an der Oberfläche des Meeres jagen. Auf diese beziehen sich die Kenntnisse der Laien. Sie sind aber verschwindend an Zahl gegenüber den massenhaft verbreiteten Formen, die in allen Meeren und an allen Küsten leben. Ganz nahe verwandt sind die Rochen, platte Fischarten (aller ganz verschieden von den Plattfischen wie Zunge, Scholle usw.), welche vielfach als Leckerbissen auf den Tisch kommen, vor allem in Belgien und Frankreich (*raie en beurre*). Bei uns sind sie seit dem Krieg in gerühmtem Zustand auch im Innern des Landes allgemein bekannt geworden.

Die theoretische Wissenschaft hat sich mit den Haien besonders deshalb seit langem beschäftigt, weil sie einen außerordentlich übersichtlichen Bau besitzen und gleichsam schematisch einfach das meiste aufzeigen, was bei den übrigen Wirbeltieren bis herauf zum Menschen auch vorkommt, aber in viel komplizierterem und nicht so durchsichtigem Aufbau. Da viele Haiarten lebendig gebären, so hat man mit der erbeuteten Mutter, wenn sie schwanger ist, zugleich die Entwicklung zur Verfügung, und kann fortgesetztes Fischen leicht stufenweise die Vorgeschichte des jetzigen Haies aufdecken. Andere Arten legen ihre Eier ab, diese lassen sich an seichten Küsten erreichen und im Seeaquarium aufziehen, um auf diese Weise die Entwicklung des Eies zu studieren. Die vergleichende Anatomie der Haie ist von den fundamentalen Arbeiten *Gegenbours* ab und die Embryologie, dadurch angeregt, von den ebenso bedeutungsvollen Arbeiten *Balfours* ab ein sehr beliebter und gepflegter Gegenstand der Forschung geworden. Die Literatur über Haie ist ganz außerordentlich groß und kaum mehr zu überblicken.

Um so erfreulicher ist die Herausgabe einer handlichen neuen Einzeldarstellung dieser Klasse durch den Zoologen der Berkeley-Universität in Kalifornien, die mit zahlreichen schönen Tafeln und Textabbildungen reich ausgestattet ist (*J. Frank Daniel*, *The Elasmobranch Fishes*, University of California Press, Berkeley, 1922). *Daniel* hat mit seinen Schülern, welche viele der Abbildungen selbst gezeichnet haben, in Kursen einen bestimmten, sehr niedrig organisierten Hai, *Heptanchus maculatus*, durchgearbeitet. Er empfiehlt eine Haiart als Studienobjekt zu benutzen, ähnlich wie es in den zoologischen und in anderen Kursen mit einem Knochenfisch, dem Frosch, der Eidechse, einem Vogel, der Katze oder dem Kaninchen üblich ist. Es wird das ja auch schon vielfach bei uns getan; unsere Nordseeküste kann uns das Material dazu verhältnismäßig billig liefern, da die bei uns vorkommenden kleinen

Haiarten nicht gegessen werden. Während wir vom Frosch u. a. ausgezeichnete Einzeldarstellungen besitzen, mußte beim Hai alles aus der Spezialliteratur zusammengesucht oder an verstreuten Stellen in Lehrbüchern zusammengelesen werden. Hier haben wir ein Buch, welches eine gute Zusammenstellung auf Grund eigener Erfahrung gibt und dabei aber ausführliche (wenn auch nicht in allem vollständige) Literaturnachweise zu jedem Kapitel hinzufügt, welche den näher Interessierten sehr fördern können.

Daniel behandelt seinen Stoff in folgender Einteilung: 1. Äußere Körperform, 2. Haut und Hautorgane, 3. Inneres knorpeliges Skelett, 4. Muskulatur, 5. Verdauungskanal, 6. Atmungsorgane, 7. Herz und Arterien, 8. Venen, 9. Zentralnervensystem und periphere Nerven, 10. Sinnesorgane, 11. Harn- und Geschlechtsorgane (inkl. Lebendgebären, Eischalen und Eiblage). In jedem Kapitel wird zunächst sein eigenes Kursobjekt, *Heptanchus*, beschrieben, dann folgt eine allgemeine Übersicht über das Wichtigste über dieses Thema bei den anderen Haien und bei den Rochen Bekannte. Von der dritten Familie der Elasmobranchier (oder Haie im weiteren Sinne), von den Holocephalen, ist abgesehen. Die Beschreibung ist fast rein systematisch, sie will dem Schüler zeigen, wie das Tier im ganzen und im einzelnen gebaut ist und wie die Teile bezeichnet werden. Allgemein Biologisches wird nur hin und wieder gestreift, z. B. bei der Besprechung der Richtung, welche das Atemwasser nimmt und bei der Art, wie die ungeborenen Jungfische im Mutterleib leben. Insofern enttäuscht das Buch; denn auf Schritt und Tritt wird der biologisch Interessierte fragen, wie diese vielen Einrichtungen aufeinander abgestimmt sind, wie sie für ihre Leistungen verwendbar sind und v. a. m. Dafür war das Buch von *Günther* (*An Introduction to the study of fishes*, Edinburgh 1880) ein vielversprechender Anfang, dem aber *Daniel* nicht gefolgt ist. Dagegen hat er auf dem verhältnismäßig engen Raum von 330 Seiten soviel beschreibenden Stoff zusammengedrängt, daß, soviel ich sehe, jeder beim Studium des Haikörpers eine präzise und zuverlässige Auskunft über alles Wichtigere finden wird, das wir zurzeit von der Morphologie der Klasse kennen. Das Buch legt ein solides Fundament.

Zweifelloos ist auch viel Neues in ihm zu dem bisher Bekannten beigelegt, besonders bei gewissen Skelettfragen (große Zahl der rudimen-

tären Kiemenbogen bei den Notidaniden, die mir aber nicht hinreichend gestützt zu sein scheint; zweifelloses Vorkommen postaxialer Radialien in den Brustflossen), bei den Details der Gehörsversorgung u. a. m. Manche Kapitel sollten in einer Neuauflage weniger zurücktreten, z. B. das Nervensystem. Im allgemeinen hat der Autor mit seinen Schülern an dem Spezialfall: *Heptanchus maculatus* das aufgesucht, was an anderen Spezies bekannt war und so Bestätigungen oder mehr oder minder große Abweichungen von dem Bekannten festgestellt. Aber darin liegt der Wert des Buches, daß es auf eigener Anschauung beruht und nicht literarische Kompilation ist. Auf Mikroskopisches wird nur an wenigen Stellen eingegangen und die Entwicklungsgeschichte nur ab und zu berührt.

Ein Leitfaden zum Präparieren wie etwa die üblichen Präparierbücher der Anatomen ist das Haibuch von *Daniels* nicht und will es nicht sein. Man wird aus der oben gegebenen Übersicht des Inhaltes bereits bemerkt haben, daß auf die Betrachtung der äußeren Körperform gleich die Beschreibung des knorpeligen Innenskeletts folgt. Dieses wird beim Präparieren erst sichtbar, wenn alle in den folgenden Kapiteln beschriebenen Organe entfernt worden sind. Der Präparator muß also seine Maßnahmen frei gestalten, wie jemand, der an der Hand eines der systematischen Lehrbücher der menschlichen Anatomie, welche ja auch das Skelett vor den Muskeln usw. behandeln, zu präparieren beginnt. So ist es ein Buch für den Leiter eines Präparierkurses als Unterlage für seine Unterweisungen und ein Nachschlagewerk für den Studierenden. Es wäre zu wünschen, daß auch bei uns das Buch für Kurse der vergleichenden Anatomie und Zoologie zur Verfügung stünde. Eine gut fundierte Kenntnis der Anatomie irgendeiner Haiform ist als eine solide Grundlage für das Studium der Wirbeltiere überhaupt zu betrachten, als ein Ausgang für zahlreiche Probleme der Morphologie und Biologie, welche sich für jeden Nachdenkenden daran anknüpfen werden und von denen viele noch der Lösung harren.

So ist es der Typus „Hai“, welcher uns hier beschäftigt hat, zwar auch „der“ Hai, aber nicht in jenem vulgären eingangs erwähnten Sinne, sondern als einer der niedrigsten Repräsentanten der Wirbeltierorganisation, zu welcher unser eigener Körper gehört.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über die Anregung von Spektrallinien durch Elektronenstoß.

Nach der Bohrschen Atomtheorie muß die Anregungsspannung für eine bestimmte Spektrallinie, also die Spannung, die Elektronen frei durchlaufen haben müssen, um durch Stoß die Emission dieser Spektral-

linie veranlassen zu können, gegeben sein durch die Arbeit, welche nötig ist, um das Atom aus seinem Normalzustand in den höheren der beiden stationären Zustände zu bringen, zwischen denen der Übergang zur Emission dieser Spektrallinie führt. Wie bereits kürzlich in einem Artikel in der *Bohr*-Nummer dieser Zeit-

schrift ausgeführt worden ist, ist dieses Verhalten bisher nur für die Resonanzlinien einer Reihe von Elementen experimentell nachgewiesen worden, wo die Anregungsspannung durch die $h\nu$ -Beziehung aus der Frequenz zu berechnen ist. Dieser Befund ist ein starker Beweis für die Quantenhaftigkeit des Emissionsvorgangs, er sagt aber nichts über das Bohrsche Modell aus, da ein Planckscher Oszillator von der Frequenz der Resonanzlinie genau dasselbe Verhalten zeigen müßte. Für die höheren Serienlinien aber haben verschiedene Beobachter (u. a. *Foot* und *Mohler*, *Davies*, *Déjardin*) aus ihren Versuchen geschlossen, daß sie nicht das nach Bohr zu erwartende Verhalten zeigen, daß vielmehr das ganze Bogenspektrum erst oberhalb der Ionisierungsspannung auf trete. Es war von vornherein wahrscheinlich, daß dies Ergebnis durch nicht zweckentsprechende Versuchsbedingungen vorgetäuscht worden sei. Es schien mir jedoch wichtig, durch einwandfreie Versuche den wahren Sachverhalt festzustellen. Diese Versuche, deren Resultate im folgenden mitgeteilt werden sollen, haben in der Tat in allen bisher untersuchten Fällen das nach Bohr zu erwartende Verhalten nachgewiesen.

Als wesentlich erwies es sich, die Verhältnisse so zu wählen, daß erstens die Stromstärke genügend klein war, um Störung durch Raumladungen zu vermeiden, und daß zweitens die geometrische Anordnung so gewählt war, daß das Eintreten einer selbständigen Entladung (Bogen) auch bei Spannungen oberhalb der Ionisierungsspannung verhindert wurde. Endlich mußte dafür gesorgt werden, daß Potentialdifferenzen zwischen verschiedenen Punkten der Elektronenquelle nicht größer als etwa 0,1 Volt waren, da es sich bei den Unterschieden in der Anregungsspannung verschiedener Linien meist nur um einige Zehntel-Volt handelt. Mit Hilfe einer diesen Bedingungen genügenden Anordnung, welche an anderer Stelle ausführlicher beschrieben werden soll, konnte nun in der Tat das plötzliche Auftreten der verschiedenen Linien bei bestimmten Anregungsspannungen nachgewiesen werden. Die Versuche sind bisher an Helium, Neon, Quecksilber, Zink und Thallium gemacht worden und beschränken sich bisher im wesentlichen auf das sichtbare Spektrum. Durch geeignete Wahl der die Elektronen beschleunigenden Spannung gelingt es zum Beispiel in Helium ein Spektrum zu erhalten, in welchem die Linien 7066, 6678, 5876, 5016, 3889 mit großer Intensität vorhanden sind, während die Linien 5048, 4713, 4472, 4121, 3964 und weitere fehlen bzw. nur schwach zu beobachten sind¹⁾ und erst bei Erhöhung der Elektronengeschwindigkeit sukzessive hervortreten, und zwar in einer Reihenfolge, welche den aus den Serientermen berechneten Anregungsspannungen entspricht. Bei Neon kann man die Gruppe der roten Neonlinien ohne die unter gewöhnlichen Umständen viel stärkere gelbe Neonlinie erhalten, entsprechend der um 0,4 Volt höheren Anregungsspannung der gelben Linie gegenüber den roten. In Quecksilberdampf ergeben 8-Volt-Elektronen ein Spektrum, welches in dem dem Gasspektrographen zugänglichen Gebiet ausschließlich aus dem Triplett 5461, 4358, 4047 und der Linie 4077 besteht. Entsprechend verhält sich Zink. Beim Thallium ergab eine vorläufige Messung der Anregungsspannung für die grüne Thalliumlinie 3,5 Volt, ein weiterer Be-

weis dafür, daß hier der $2p$ -Zustand der Normalzustand ist, wie von *Grottrium* kürzlich durch Absorptionsbeobachtungen nachgewiesen.

Eindhoven (Holland), den 10. August 1923.

G. Hertz.

Physikalisches Laboratorium der
Philips Glühlampenfabriken A.-G.

Multipletts im Spektrum des Vanadiums.

Die Catalánsche¹⁾ Entdeckung der Multipletts im Spektrum des Mangans und deren quantentheoretische Deutung durch *Sommerfeld*²⁾ zeigen diese als folgerichtige Verallgemeinerung der zusammengesetzten Dubletts und Triplets. Dementsprechend zerfallen die Multipletts der komplizierteren Spektren in geradzählige und ungeradzählige, je nachdem die Anzahl der permanenten Niveaus eine gerade Zahl ist (Verallgemeinerung der Dubletts) oder eine ungerade (Verallgemeinerung der Singulets und Triplets).

Nachdem von *Catalán*³⁾ in den Spektren von Chrom und Molybdän ein Quintett und ein Septettsystem nachgewiesen wurde, erhob sich die Frage, wie die Mangan-Multipletts hinsichtlich ihrer permanenten Vielfachheit zu verstehen seien; *Back*⁴⁾ zeigte auf Grund ihrer Zeemaneffekte unter Anwendung der allgemeinen Landéschen⁵⁾ Theorie des „Aufspaltungsfaktors“ g , daß im Mn-Oktett-, Sextett- und Quartettsysteme auftreten. Gemäß dem Rydbergschen Wechselsatz, der somit die Termstruktur eines Elements mit dessen Stellung im periodischen System grundsätzlich verknüpft, haben wir also ein Abwechseln von gerad- und ungeradzähligen Systemen beim Übergang von einem Element zu dem nächsten zu erwarten. Es liegt sogar nahe zu vermuten, daß die maximale Vielfachheit der verschiedenen Seriensysteme stets um eins größer ist als die Nummer der Spalte, in welcher das Element steht, und daß außer diesem System maximaler Vielfachheit auch noch alle niederen gerad- bzw. ungeradzähligen Seriensysteme bis herunter zu den Dubletts bzw. Einfachlinien vorkommen. Mit dieser Auffassung des Wechselsatzes gehen wir über die von *W. Pauli jr.*⁶⁾ kürzlich ausgesprochene hinaus.

Im folgenden werden, um eine noch unerforschte Lücke zwischen 24 Cr und 26 Fe auszufüllen, in welchem letzteren von *Catalán*⁷⁾ Dubletts nachgewiesen wurden, Multipletts im Spektrum des Vanadiums ($Z=23$) angegeben. Bei der Auffindung waren mir die Messungen von *King*⁸⁾ über die Intensitätsänderungen der V-Linien mit wachsender Ofentemperatur von größtem Nutzen. Denn es zeigt sich, daß diejenigen Linien, die wir überhaupt in nächster Zeit zu klassifizieren hoffen können, schon bei relativ niedriger Temperatur erscheinen, also nach *King* zur Klasse I oder II gehören müssen. Ferner standen mir Beobachtungen der Zeemaneffekte der V-Linien zur Verfügung, die im Mount-Wilson Observatory von Herrn *Babcock* ausgeführt worden wären und von ihm dem hiesigen Institut im Manuskript überlassen wurden. Hierfür erlaube ich mir, Herrn *Babcock* zugleich im

¹⁾ M. A. Catalán, Trans. Roy. Soc. A. 223, 127, 1922.

²⁾ A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. 70, 32, 1923.

³⁾ M. A. Catalán, Anal. d. Soc. Esp. Fis. y Quim. 21, 84 u. 213, 1923.

⁴⁾ E. Back, ZS. f. Phys. 15, 206, 1923.

⁵⁾ A. Landé, ZS. f. Phys. 15, 189, 1923.

⁶⁾ W. Pauli jr., ZS. f. Phys. 16, 155, 1923.

⁷⁾ M. A. Catalán, Anal. d. Soc. Esp. Fis. y Quim. 20, 606, 1922.

⁸⁾ A. S. King, Astrophys. Journ. 41, 1915.

¹⁾ Es scheint, daß alle stärkeren Heliumlinien beider Seriensysteme auch bei sehr kleinen Stromdichten bereits von etwa 20 Volt an schwach auftreten, wahrscheinlich infolge der Bildung von metastabilen Heliumatomen.

Namen von Herin Professor Sommerfeld verbind-
lichsten Dank auszusprechen.

Es zeigt sich nun, daß — entsprechend dem Ryd-
bergschen Wechselsatz — im V. geradzahlige Serien-
systeme auftreten, und zwar konnten mit Sicherheit
ein Quartettsystem und ein Sextettsystem nachgewiesen
werden. Das Auftreten von Sextetts ist durchaus in
Übereinstimmung mit unserer Anschauung, daß die
maximale Vielfachheit stets um 1 größer ist als die
Nummer der Spalte, in der das Element steht⁹⁾. Wir
haben somit folgende Tabelle für die höchste auf-
tretende Vielfachheit in der vierten Horizontalreihe
des periodischen Systems:

K	Dubletts,
Ca	Tripletts,
Sc	Quartetts?,
Ti	Quintetts,
V	Sextetts,
Cr	Septetts ¹⁰⁾ ,
Mn	Oktetts ¹¹⁾ .

die Intensitäten nach King angegeben. Die kursiv
gedruckten Zahlen bedeuten die Δv der beiden Terme.
Diejenigen Linien, deren Zeemaneffekt beobachtet ist,
sind mit einem Stern versehen; die Zeemaneffekte der
übrigen Linien sind nicht beobachtet oder nicht auf-
gelöst. Als Termbezeichnung wurden für das Quartett-
system große Buchstaben, für das Sextettsystem
kleine Buchstaben gewählt. Die inneren Quanten-
zahlen j sind über bzw. links neben die Tabellen ge-
schrieben. Die j -Werte sind als ganze Zahlen an-
gegeben, obgleich nach Sommerfeld¹²⁾ die allgemeine
Systematik (periodisches System, Zeemaneffekte, Ma-
gnetonenzahlen) bei den geradzahligen Systemen für
halbzahlige j und nur bei den ungeradzahligen Systemen
für ganzzahlige j zu sprechen scheint. Die in
diesem Sinne wahren j -Werte erhält man aus den hier
angegebenen überall durch Subtraktion von $\frac{1}{2}$. Da es
für die Kombinationen und Intensitäten nur auf die
relativen j -Werte ankommt, ist diese Abänderung für
das Folgende natürlich belanglos.

In meiner Dissertation werde ich näher ausführen,

Multipllett I; 9 Linien.

j	D			
	1	2	3	4
2	(40 r)	(30)	(12)	
	20606,4	81,4 20687,8	140,7 20828,5	
	4851,52*	4832,42*	4799,77*	
3		137,5	137,4	
		(30 r)	(35)	(15)
		20550,3	140,8 20691,1	204,0 20895,1
4		4864,74	4831,64*	4784,48
			186,1	185,8
			(30 r)	(25)
5			20505,0	204,3 20709,3
			4875,49	4827,42
				229,8
5				(50 R)
				20479,5
				4881,57

Kombination (D.F), Quartettsystem.

Nach der Intensitätsregel¹³⁾ sind die Linien
 $\lambda\lambda$ 4851,52 (1 \rightarrow 2); 4864,74 (2 \rightarrow 3); 4875,49
(3 \rightarrow 4); 4881,57 (4 \rightarrow 5) die stärksten.

Intervallregel¹⁴⁾

$$\Delta D; 81,4; 140,7; 204,2 =$$

$$2,8; 4,9; 7 \text{ beob.}$$

$$3; 5; 7 \text{ theor. n. Landé}$$

$$\Delta F; 137,5; 186,0; 229,8 = \frac{5,4; 7,3; 9 \text{ beob.}}{5; 7; 9 \text{ theor.}}$$

Es erübrigt sich einzig noch, im Se-Spektrum Quar-
tetts aufzufinden.

In den folgenden Tabellen sind außer den Wellen-
längen in internationalen Angströmeinheiten¹²⁾ die auf
Vakuum umgerechneten Wellenzahlen¹³⁾ in cm^{-1} und

⁹⁾ Ich habe mich auch mit dem Ti-Spektrum be-
schäftigt und mich überzeugt, daß dieses zum Typus
der ungeradzahligen Spektren gehört. Dies wird be-
stätigt durch eine eingehendere Note von C. C. Kiess
und H. Knudsen-Kiess (Journ. Washington Acad. of
Science 1923, im Erscheinen). Die daselbst mitgeteil-
ten Multipletts lassen sich als Kombinationen von Tri-
plett- und Quintett-Termen deuten.

¹⁰⁾ Catalán l. c.

¹¹⁾ Back l. c.

¹²⁾ Abgesehen von Multipllett V, wo die Wellen-
längen Hasselbergs benutzt wurden, sind die Wellen-
längen die von Exner und Hascheck angegebenen. Vgl.
Kaysers Handbuch Bd. VI, 750.

¹³⁾ Zur Umrechnung siehe: W. F. Meggers u. C. G.
Peters, Pap. Bur. of Stand. Nr. 327, 1918.

wie die mitgeteilten Multipletts durch Zeemaneffekte
gestützt werden; ich hoffe, dort weitere Gesetzmäßig-
keiten im Vanadium und bei anderen Elementen an-
geben zu können.

München, Institut für theoretische Physik,

den 20. Juli 1923.

Otto Laporte.

¹⁴⁾ A. Sommerfeld, Über Spektroskopische Magne-
tonenzahlen, Phys. ZS. 24, 1923. (Im Erscheinen.)

¹⁵⁾ A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien,
3. Aufl. S. 447. Bei dem qualitativen Charakter aller
Intensitätsangaben können wir natürlich nur einen
ungefähren Parallelismus zwischen den rechts von un-
seren Tabellen angegebenen Folgerungen aus der theo-
retischen Intensitätsregel und den in den Tabellen
selbst vermerkten Intensitätsangaben nach King ver-
langen. Entsprechend unseren theoretischen Erwar-
tungen wird die Übereinstimmung mit der Intensitäts-
regel bei größeren j immer ausgeprägter.

¹⁶⁾ Landé l. c.

Multiplett II; 9 Linien.

j	D			
	1	2	3	4
2	(30) 17517,5 5707,00*	63,2 17451,3 5727,68*	(7) 102,4 17351,9 5761,46	
		73,7	73,7	
3		(40) 17523,0 5703,59	(25) 102,4 17425,6 5737,09*	(6) 137,1 17283,5 5782,59
			117,9	117,9
4			(60) 17543,5 5698,55	(20) 137,1 17406,4 5743,42
				222,7
5				(30) 17629,1(?) 5670,86

Kombination (D F); Quartettssystem.

Intensitätsregel:

$\lambda \lambda$ 5707,00 (1 \rightarrow 2); 5703,59 (2 \rightarrow 3); 5698,55 (3 \rightarrow 4); 5670,86 (4 \rightarrow 5) sind am stärksten.

Intervallregel ist erfüllt für:

$$\Delta D; 63,2 : 102,4 : 137,1 = \frac{3,2 : 5,2 : 7 \text{ beob.}}{3 : 5 : 7 \text{ theor.}}$$

Dagegen ist die Übereinstimmung schlecht für:

$$\Delta F; 73,7 : 117,9 : 222,7 (?)$$

Man muß indessen beachten, daß die Linie λ 5670,86, weil die Differenz 222,7 nicht wiederkehrt, nicht kontrolliert werden kann; vielleicht fällt die wahre Linie 4 \rightarrow 5 mit der Linie 3 \rightarrow 4 zusammen, wonach sich ergeben würde:

$$73,7 : 117,9 : 137,1 = 4,9 : 7,7 : 9.$$

Multiplett III; 16 Linien.

j	D			
	1	2	3	4
1	(12) 17769,4 5626,08*	(10) 62,9 17706,5 5646,09*		
	66,9	66,7		
2	(10) 17836,3 5604,98*	(10) 63,1 17773,2 5624,88*	(12) 102,4 17670,8 5657,47	
		103,1	103,2	
3		(12) 17876,3 5592,46	(20) 102,3 17774,0 5624,63*	(12) 137,1 17636,9 5668,37
			127,5	127,5
4			(10) 17901,5 5584,53	(30) 137,1 17764,4 5627,69*

Kombination (D D'); Quartettssystem. In II

(D F) und III (D D') tritt derselbe D-Term auf.

Intensitätsregel: die stärksten Linien sind:

$\lambda \lambda$ 5626,08 (1 \rightarrow 1); 5624,88 (2 \rightarrow 2); 5624,63 (3 \rightarrow 3); 5627,69 (4 \rightarrow 4).

Intervallregel:

ΔD ; wie bei II.

$$\Delta D'; 66,9 : 103,1 : 127,5 = \frac{3,7 : 5,6 : 7 \text{ beob.}}{3 : 5 : 7 \text{ theor.}}$$

Einige der Δv des D-Terms erscheinen noch einmal unter schwächeren Linien:

j	D			
	1	2	3	4
1	(7) 21609,0 4626,42*	(10) 63,6 21545,4 4640,10		
	72,6	72,8		
2	(4) 21681,6 4610,92	(8) 63,4 21618,2 4624,45	(15) 102,2 21516,0 4646,40*	

Die Zeemaneffekte von $\lambda \lambda$ 4626,42 und 4646,40 scheinen auf ein (P D) im Quartettssystem hinzuweisen, was auch mit der Intensitätsregel im Einklang wäre.

Multiplett IV; 9 Linien.

<i>j</i>	<i>d</i>				
	1	2	3	4	5
2	(15)	(20 r)	(20)		
	22535,7	41,0	22494,7	66,9	22427,8
	4436,16*		4444,26*		4457,51*
3		79,7	79,6		
		(15)	(25 r)	(30 R)	
		22574,4	67,0	22507,4	91,3
4		4428,55*	4441,74	4459,82	
			110,8	110,8	
			(15)	(20 r)	(50 R)
5			22618,2	91,3	22526,9
			4419,99		4437,90
					4460,35

Kombination (*p d*): Sextettssystem.

Intensitätsregel: Die stärksten Linien sind:

$\lambda \lambda$ 4457,51 (2 → 3); 4459,82 (3 → 4); 4460,35 (4 → 5)

Intervallregel:

Δp ; 79,7 : 110,8 =
5,0 : 7 (!) beob.
5 : 7 theor.

Δd ; 41,0 : 67,0 : 91,3 : 113,4
= 3 2 : 5,3 : 7,2 : 9 beob.
= 3 : 5 : 7 : 9 theor.

Multiplett V; 14 Linien.

<i>j</i>	<i>d</i>				
	1	2	3	4	5
1	(190 R)	(20 r)			
	22677,1	40,9	22636,2		
	4408,50		4416,46*		
2		40,9	40,9		
	(60 r)	(190 R)	(20 r)		
	22718,0	40,9	22677,1	67,0	22610,1
3		4400,57*	4408,50	4421,56*	
		68,5	68,6		
4		(80 R)	(70 R)	(20 r)	
		22745,6	66,9	22678,7	91,3
		4395,2	4408,19	4426,00*	
5			94,2	93,9	
		(100 R)	(70 R)	(15)	
		22772,9	91,6	22631,3	113,2
6		4389,96		4407,68*	4429,78*
				118,9	118,6
				(125 R)	(80 R)
7				22800,2	113,5
				4384,70	4406,63*
					142,1
8					(150 R)
					22823,8
					4379,21

Kombination (*d f*): Sextettssystem.

In IV (*p d*) und V (*d f*) tritt der gleiche *d*-Term auf. Intensitätsregel: Die stärksten Linien sind:

$\lambda \lambda$ 4400,57 (1 → 2); 4395,23 (2 → 3); 4389,96 (3 → 4); 4384,70 (4 → 5); 4379,21 (5 → 6).

Die Linie 1 → 1 fällt mit der Linie 2 → 2 zusammen; dementsprechend ist als Intensität von λ 4408,50 ($\frac{1}{2}$ 90 R) angegeben.

Intervallregel:

Δd ; wie bei IV.

Δf ;

40,9 : 68,5 : 94,1 : 118,8 : 142,1

= 3,2 : 5,3 : 7,3 : 9,1 : 11 beob.

= 3 : 5 : 7 : 9 : 11 theor.

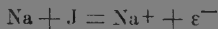
Über das Leuchten der Flammen.

Es darf als sichergestellt angesehen werden, daß das Leuchten salzgefärbter Flammen strahlungstheoretisch als Temperaturstrahlung zu bezeichnen ist. Die quantentheoretische Deutung der Erregung der Linienemission in solchen Flammen kann von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus erfolgen, denen beiden gemeinsam die grundlegende Annahme der heutigen Spektraltheorie ist, daß die Emission eines monochromatischen Wellenzuges aus der beim Übergang eines Atoms aus einem energiereichen, „angeregten“ Atomzustand in einen energieärmeren, im Grenzfall in den normalen Atomzustand freierwerdenden potentiellen Energie entsteht. Die Emission von Spektrallinien einer mit Salz beschickten Flamme — wir denken im folgenden nur

an die Linien der Metallatome des Salzes — zeigt das Vorhandensein von angeregten Atomzuständen und Übergängen derselben in niedere Energiezustände an. Es entsteht so die Frage, wie die angeregten Atomzustände zustande kommen: ob sie als primäre Zerfallsprodukte der Salz-moleküle zu betrachten sind, oder ob beim Zerfall der Moleküle normale Atome entstehen, welche bei der hohen Temperatur der Flamme angeregt werden. Man kann also zwischen einem „Rückbildungs“- oder „Rekombinations“-Leuchten und einem „Anregungsleuchten“ unterscheiden. Für ersteres spricht z. B. die Tatsache, daß nicht leuchtender Natriumdampf, welcher mit fremden Atomen Moleküle bildet, durch grünes Licht zu einer Molekülfluoreszenzstrahlung angeregt wird, in der neben Banden auch die dem

Atom zukommenden D-Linien des Natriums enthalten sind.

Über die elektrischen Vorgänge in Flammen ist man durch viele Untersuchungen — u. a. besonders von *Ph. Lenard* und *H. A. Wilson* — recht genau unterrichtet. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß der weitaus größte Teil der Leitfähigkeit der Flammen auf der Anwesenheit freier Elektronen beruht. Die Abtrennung freier Elektronen aus normalen Atomen ist aber der Grenzfall der Anregung von Spektrallinien des normalen Atoms, der nämlich dann eintritt, wenn einem Atom so hohe Energiebeträge zugeführt werden, daß es durch sie ionisiert wird. Nun haben kürzlich *Arthur A. Noyes* und *H. A. Wilson*¹⁾ in sehr überzeugender Weise dargetan, daß die Eggert-Sahasche thermodynamische Theorie der Ionisation die Wilsonschen Leitfähigkeitsmessungen salzgefärbter Flammen in vollem Umfang erklärt, wenn man die Entstehung der freien Elektronen entsprechend dieser Theorie als chemische Reaktion gemäß der Gleichung



betrachtet; m. a. W. die Ionisation ist quantentheoretisch als „Anregungsionisation“ der freien durch thermische Moleküldissoziation gebildeten normalen Atome zu betrachten.

So ist es wahrscheinlich gemacht, daß auch das Linienleuchten wesentlich auf Anregung der Atome, der Bildung von Vorstufen der Ionisation, beruht. Diese Theorie läßt sich an Messungen prüfen, welche *H. Schiff*²⁾ vor einigen Jahren ausgeführt hat. Er machte Parallelbestimmungen von Flammentemperatur und Anzahl der leuchtenden Atome, wenn die Flamme mit konstanter Menge Salz beschickt wurde. Die Temperatur wurde optisch, die Zahl der leuchtenden Atome durch Messung der Magnetorotation in der Nähe der D-Linien bestimmt. Es ergab sich dabei eine äußerst starke Abhängigkeit dieser Zahl von der Temperatur der Flamme.

Nennt man N_0 die Anzahl der freien Na-Atome in der Flamme, N die Anzahl der sich an der Lichtemission beteiligenden Atome, E die zur Anregung der D-Linien erforderliche Energie in kcal pro Mol, T die

¹⁾ Astrophys. Journal 57, 20, 1923.

²⁾ Ann. d. Physik 1915 u. Diss. Breslau 1915 (J. A. Barth, Leipzig).

absolute Flammentemperatur, R die universelle Gaskonstante, so ist

$$N_1 = N_0 e^{-\frac{E}{RT_1}}$$

$$N_2 = N_0 e^{-\frac{E}{RT_2}}$$

also

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{e^{-\frac{E}{RT_1}}}{e^{-\frac{E}{RT_2}}} = e^{\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

Es läßt sich also aus den gemessenen Werten N_1, N_2, T_1, T_2 die Anregungsenergie E berechnen. Da die Temperaturen T_1 und T_2 nur sehr wenig (1–4 %) voneinander verschieden sind, braucht auf andere Temperatureinflüsse, wie z. B. Abhängigkeit der Stoßzahl von \sqrt{T} , keine Rücksicht genommen zu werden. Andererseits ist hierdurch die kleine Temperaturdifferenz $\Delta T = T_2 - T_1$ nicht sehr sicher, weil die Temperaturmessungen auf $\pm 5\%$, also ΔT auf etwa 10–30 % genau sind. Aus *Schiff*s Angaben folgt:

Temp.	ΔT	prop. N_1 für D_1	prop. N_2 für D_2	$E \times 10^{-4}$ kcal pro Mol
1925	78	145	341	4,86
2103		287	489,5	5,17
1954	29	131	260,5	5,59
1983		161,5	317	5,25
1963	29	191	367	5,25
1992		232	491	7,85
1910	73	143,3	302,5	8,70
1983		205	422	8,46

Mittel 1,89

Im Mittel ergibt sich E zu 48 900 kcal pro Mol, oder umgerechnet in Anregungsarbeit eines Elektrons in Volt: 2,2 Volt, während aus der Wellenlänge der

D-Linien $5893 \left(\frac{\lambda_{D_1} + \lambda_{D_2}}{2} \right)$ gemäß der $h\nu$ -Beziehung 2,1 Volt folgt, eine vollkommene Übereinstimmung.

Diese Überlegungen sprechen also mit Bestimmtheit für ein Anregungsleuchten der Metallatome salzgefärbter Flammen und beweisen von neuem den Temperaturstrahlungscharakter dieser Spektrallinienemission.

Frankfurt a. M., den 16. August 1923.

Walter Gerlach.

Besprechungen.

Schulze, P., Biologie der Tiere Deutschlands. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachleute. Lieferung 1. Spongiaria und Cnidaria (von P. Schulze). Berlin, Gebr. Bornträger, 1922. Mit 40 Abbildungen. 13×21 cm. Preis Gz. 0,51.

Die Biologie der Tiere Deutschlands, die jetzt zu erscheinen beginnt, soll eine Lücke ausfüllen, die sich trotz der reichhaltigen zoologischen Fachliteratur noch findet: es sollen darin die allgemein wichtigen Tatsachen aus der Lebensführung aller in Mitteleuropa vorkommenden Tiergruppen zusammengestellt werden, und zwar in der Art, daß nicht nur der Spezialist, sondern auch der gebildete Laie sich bequem darüber unterrichten kann.

Jede Tiergruppe wird von bekannten Fachleuten in geeigneter Form behandelt werden. Die erste Lieferung enthält die Spongiaria und Cnidaria und ist vom Herausgeber, P. Schulze, ausgearbeitet worden. Da Schulze sich bei diesen Gruppen in reinem Gebiet bewegt, ist in kleinen Abschnitten über das Vorkommen, die geographische Verbreitung, die Fortpflanzungs-

weise usw. alles mit knappen Worten zusammengefaßt, was wir bisher aus der Lebensweise dieser niedersten Metazoen Gruppen wissen. Anatomie und Histologie wurden nur soweit herangezogen, als sie zum Verständnis des behandelten Stoffes von Wichtigkeit sind. Dagegen werden auch die Lebensäußerungen unter experimentellen Bedingungen behandelt, die gerade bei diesen beiden Tierabteilungen eine so große Rolle spielen. Gehören doch z. B. die Hydren mit zum Lieblingsobjekt experimenteller Beobachtungsmethoden, so daß eine Beschreibung ihrer Regeneration, Regulation und Reduktion nicht vermieden werden kann. In der Systematik wird auf *Brauer*s Fauna von Deutschland verwiesen sowie auf *Brauer*s Südwasserfauna, in deren Format das Werk gehalten ist; außerdem gibt ein Verzeichnis der Literatur, das am Ende einer jeden Gruppe angeführt ist, Gelegenheit, sich über diese sowie andere spezielle Fragen zu informieren.

Im Speziellen ist zu den einzelnen Abteilungen noch zu bemerken, daß bei den Schwämmen, wie es in der Natur der Sache liegt, die Fortpflanzungserscheinun-

gen den größten Raum einnehmen. Bei den Hydren sind der Entladung der Nesselkapseln und anderen Reizbeantwortungen ausführliche Worte gewidmet worden sowie die Erscheinungen der Geschlechtlichkeit und der Symbiose angeführt — wobei zu bemerken ist, daß der Herausgeber den Ausdruck „Symbionten“ vermeidet und nur von „Kommensalen“ spricht. Bei Cordylophora, der einzigen stockbildenden Süßwasserform der Hydrozoen, mußte naturgemäß die eigenartige geographische Verbreitung sowie die Wanderung vom Meer ins Süßwasser Gegenstand besonderer Besprechung sein; auch sind die besonderen hieraus sich ergebenden Wuchsformen erwähnt. Eine kurze Behandlung der sonderbaren Microhydra, deren sporadisches Erscheinen noch rätselhaft ist, sowie die Besprechung der sicher aus Brasilien eingeschleppten Meduse *Limnocoodium* beschließen die erste Lieferung.

Wenn die folgenden Lieferungen, die ebenfalls mit zahlreichen Abbildungen ausgestattet werden sollen, in derselben Weise durchgeführt werden können, so erhalten wir in diesem Werk eine praktisch gegliederte und übersichtlich angeordnete Zusammenfassung der biologischen Verhältnisse unserer einheimischen Tierwelt, die selbst dem in einem bestimmten Gebiete heimischen Fachmann gute Dienste leisten wird.

W. Goetsch, München.

Herzog, Th., Die Pflanzenwelt der bolivischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. In: Engler-Drude, Die Vegetation der Erde, Bd. 15. Leipzig, W. Engelmann, 1923. VIII, 258 S., 25 Textbilder und 3 Karten. 18 × 27 cm. Preis Gz. 15.

Nachdem schon früher Peru und Chile in dieser Sammlung von Vegetationsmonographien geschildert worden sind, liegt nun auch eine botanische Charakteristik *Bolivians* vor, des Landes, das als Grenz- und Übergangsgebiet zwischen jenen beiden sowohl in ökologischer wie in floristisch-genetischer Hinsicht besonderes Interesse beansprucht. Der Verfasser hat die ungleichmäßigen Ergebnisse früherer Forscher unter dem Eindruck zweier eigener Reisen verarbeitet, die ihn quer durch das ganze Land führten und deren zweite unter sehr umfassenden Gesichtspunkten vollbracht wurde.

Von diesen Reisen entwirft er einleitend eine Schilderung und bietet außerdem eine Übersicht der botanischen Erforschung Boliviens samt der Literatur darüber. Dann äußert er sich eingehend über die Orographie, Hydrographie und Geologie und über das Klima als die Vorbedingungen des Pflanzenwuchses. Drei Landschaftstypen setzen Bolivien zusammen: das Andenbergländ, ein Tiefland im Amazonasstromgebiet und eins, das dem Gran Chaco angehört. Die Grenze zwischen diesen beiden ist das Chiquitosgebirge. Die Anden gliedern sich ziemlich stark weiter: indem sie aus der NW-SO. in die N-S-Richtung umbiegen, weichen die Randketten weit auseinander und umschließen eine Hochfläche, die von ihnen des Regens beraubt wird, und nur kurze, heftige Sommerregen erhält. Die Hochkämme selbst besitzen ein trockenes Hochgebirgsklima. Infolge von Deckenüberschiebungen ist in der Nordostecke des Andenzuges eine wichtige Wasser- und Klimascheide zustande gekommen. Im Tiefland dagegen vollzieht sich ein allmählicher Übergang von äquatorialen Regenzeiten zu kurzen Sommerregen bei hoher Temperatur — im bolivischen Chaco der höchsten Amerikas.

Bevor nun die Vegetation im ganzen gezeigt wird, werden noch die wichtigsten Familien des Florengebietes in ihrer Bedeutung gewürdigt. Unter diesen

verdient wohl die baumartige Bromeliaceae *Pourretia gigantea* besondere Erwähnung. Hierauf folgt eine Abgrenzung der Vegetationsgebiete und eine Aufzählung der Formationen, die dann im Hauptteil des Buches anschaulich durcheinander gewebt und durch Photographien verdeutlicht werden.

Der Chaco ist nicht einheitlich xerophil bewachsen, sondern ihn besiedeln entsprechend dem Wechsel trockener Landstriche und versumpfender Flüsse biologisch verschiedene Gehölze und Grasfluren. Besonders charakteristisch sind die lichten Algarrobo- (*Prosopis juliflora*) Haine und die Dornesträucher (Montes) mit ihren Kakteen und Bromeliaceen. Floristisch ist der Chaco reich an Endemismen, die auf die Trockentäler der östlichen Andenkette als Entstehungsherd hinweisen. Diese xerophytischen Gebiete werden durch Regenwälder auf dem Osthang von den Trockengehölzen des Ostfußes getrennt. Zwischen derartigen Formationen finden sich bei Santa Cruz de la Sierra interessante Zwischenstufen; unter ihnen weisen die Savannen auf eine Einwanderung aus Mittelbrasilien über das Chiquitosgebirge hin, die Grasfluren auf südbrasilisch-nordargentinische Pflanzen, die durch den Gran Chaco von Süden eingedrungen sein können; von Norden reichen entlang der Flüsse Ausstrahlungen der Hylaea, des Regenwaldes im Amazonasstromgebiet, noch herüber, z. B. mit der berühmten Seerose *Victoria regia*, während sich in die Bergwälder auch subandine Arten einmischen. Die eigentliche Ostkordillere wird von tropischem Hochwald und darüber von lorbeerblättrigem Gebüsch umgürtet. Verschiedene Trockengehölze mit Kakteen leiten zu den kaktteenreichen Dorngebüsch und den Felssteppen der inneren Andentäler über, während in höheren Lagen schmale Bergwiesenstreifen und darüber moosbehagener Nebelwald, Ceja, auftreten, auf den windgefegten Kämmen von kurzgrasigen Magerwiesen abgelöst. Merkwürdig ist für die innerandine Flora, daß viele ihrer Gattungen in Argentinien-Bolivien und in Mexiko vorkommen, dazwischen aber fehlen, also anscheinend die durch Klimaänderung zerspaltenen Restareale eines großen Xerophytenreichs bewohnen. Das eigentliche Hochgebirge besitzt die Alpenwiesen weiter ausgedehnt als Region unter den nivalen Felsschuttfuren, auf der Innenseite über den Quinua- (*Polylepis*-) Wäldern und einem Trockenbuschgürtel, außen, d. h. im Osten, über Cejagehölzen und Yungas (Bergwäldern). Diese drei Waldregionen bilden das floristisch sehr einheitliche, z. B. durch Cinchoneen und Fuchsen bezeichnete subandine Waldgebiet. In mancher Hinsicht ähnlich sind die Formationen der Hauptkette, der Cordillera Real, aus der der Verfasser namentlich die von ihm selbst auch geographisch erst erforschte Quimzacruz-Kordillere mit ihren Pourretien schildert. Die Florenelemente des Hochgebirges sind das austral-antarktische, jetzt durch die Wüste Atacama von weiterem Eindringen abgeschnitten, das boreale, z. B. durch Enziane vertreten, und das andine, das sich hauptsächlich in der Puna entfaltet. Diese, das Hochland westlich der Hauptkordillere, ist infolge ihrer starken Temperaturschwankungen locker bewachsen, bald Zwergstrauch- (*Tola*) Heide mit Säulenkakteen, bald Polstertrift aus Azorellen (winzigen Doldenblütlern), bald echte Wüste.

In diesem vegetationskundlich formenreichen Lande herrschen naturgemäß sehr verschiedene Arten von Pflanzenkultur; auch dieser ist ein kurzer Abschnitt gewidmet. Dann beschließen eine Tabelle der Endemismen Boliviens und eine Aufzählung einheimischer Pflanzennamen das inhaltreiche Werk.

Fr. Markgraf, Berlin-Dahlem.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 38. (Seite 785—800.)

21. September 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Albrecht Kossel. Zur Feier seines siebenzigsten Geburtstages am 16. September. Von *Friedrich Müller, München*. S. 785.

Stoffwechsel und Temperatur. Von *Hermann Freund, Heidelberg*. S. 787.

Die Projektion der geologischen Karte. Von *Max Eckert, Aachen*. S. 792.

Besprechungen:

Niggli, Paul, Gesteins- und Mineralprovinzen. Band I. Von *H. Schneiderhöhn, Giessen*. S. 796.

Deecke, W., Die Fossilisation. Von *O. Abel, Wien*. S. 798.

Mitteilungen aus verschied. Gebieten. S. 799—800.

Gleichzeitige atmosphärische Störungen in der drahtlosen Telegraphie. (Mit 2 Abbildungen.)
Die Wasserbilanz in Nährlösung, Salzlösung und Hochmoorwasser. Hitzewellen und heiße Winde in Nordamerika.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Valenzkräfte und Röntgenspektren

Zwei Aufsätze über das Elektronengebäude des Atoms

Von

Dr. W. Kossel

o. Professor an der Universität Kiel

Mit 11 Abbildungen. (IV, 70 S.) 1921. GZ. 2,3; Fürs Ausland 0,50 Dollar

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezug GZ. 2,5 \times Schlüsselzahl, Einzelnummer GZ. 0,8 \times Schlüsselzahl, zuzüglich Porto. Für das Ausland Bezug nur durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag.

Preis vierteljährlich Dollar 1,80.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 15. Sept. 1923: 14 000 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6060-58. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konten	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer.
		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschienen:

Der Radio-Amateur „Broadcasting“

Ein Lehr- und Hilfsbuch für die Radio-Amateure aller Länder

Von Dr. **Eugen Nesper**

Mit 377 Abbildungen und 2 Kunstdruckblättern von L. Lutz Ehrenberger
(XX, 368 Textseiten und 40 Anzeigenseiten). Gebunden GZ. 11. Fürs Ausland 3 Dollar

Aus dem Inhalt:

I. Definition und Berechtigung des Radio-Amateurbetriebes. Was ist Broadcasting? — II. Mechanismus der Radiotelegraphie und -telephonie. — III. Auszug aus der Theorie. Wichtige Formeln. Diagramme. Tabellen. — IV. Wie sieht ein Radio-Broadcasting-Sender aus? — V. Der Radioempfänger. — VI. Empfangsschaltungen. — VII. Die Antenne. — VIII. Die Verstärker und Lautsprecher. — IX. Normale Empfängereinzelteile der Radioindustrie. — X. Universalempfangsapparat und Radioexperimentierkästen. Wie der Amateur einen Empfänger sich selbst zusammenbaut. — XI. Wie baut sich ein amerikanischer Amateur seinen Empfänger selbst? — XII. Stromquellen. Netzanschlußgerät. Ladevorrichtungen. — XIII. Prüf- und Meßinstrumente. — XIV. Lehrapparaturen. Morsezeichenlehrapparate. — XV. Radioamateurliteratur. — Sachverzeichnis.

Radio-Schnelltelegraphie

Von Dr. **Eugen Nesper**

Mit 108 Abbildungen (XII, 120 S.), 1922, GZ. 4,5. Fürs Ausland 0,90 Dollar

Die drahtlose Telegraphie des öffentlichen Verkehrswesens muß sich zwingend zur Radio-Schnelltelegraphie entwickeln. Die Gründe hierfür, die technischen Voraussetzungen und die Anforderungen an den Schnellverkehr sind in diesem Buche ebenso dargestellt, wie die in Betracht kommenden Sendermittel, einschließlich des Tastens und Schnellsendereinrichtungen der Hochfrequenzenergie, die Schnellempfänger und Registriervorrichtungen. Ferner werden die modernen Gesichtspunkte und Anordnungen für Störfreiung besprochen. Die Angaben für die Radio-Schnellverkehrsanlage und ein Literaturverzeichnis vervollständigen das mit Abbildungen reich ausgestattete Buch.

Hochfrequenzmeßtechnik

Ihre wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen

Von Dr.-Ing. **August Hund**

Beratender Ingenieur

Mit 150 Textabbildungen. (XIV, 326 S.) 1922. Gebunden GZ. 8,4. Fürs Ausland 2 Dollar

Das vorliegende Werk bietet vor allem dem Hochfrequenztechniker sowie dem in der Praxis stehenden Ingenieur und Physiker brauchbare Meßmethoden und ist deshalb für jeden Praktiker ein wertvolles Nachschlagewerk.

In die Abbildungen sind Strom- und Spannungsverlauf mit den notwendigen Erklärungen aufgenommen, wodurch ein rasches Studium des Ablaufs eines Vorgangs ermöglicht wird.

Die praktisch brauchbaren Formeln sind besonders hervorgehoben und mit den richtigen Dimensionen versehen. Die verallgemeinerten symbolischen und die bisymbolischen Methoden, die für die Anleitung große Vorteile bieten, sind am Ende des Buches mit Beispielen erklärt, so daß jeder Leser den Weg zu den Ergebnissen verfolgen kann.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang.

21. September 1923.

Heft 38.

Albrecht Kossel.

Zur Feier seines siebenzigsten Geburtstages am 16. September.

Von Friedrich Müller, München.

Allen Lesern dieser Zeitschrift und nicht nur den Medizinern ist *Albrecht Kossels* Name bekannt, obwohl er sich in seinen Schriften fast ausschließlich an den engeren Kreis seiner Fachgenossen gewandt hat und nur selten in der weiteren Öffentlichkeit hervorgetreten ist. Die Glückwünsche, welche ihn zu seinem siebenzigsten Geburtstag von allen Seiten in seiner stillen Zurückgezogenheit aufsuchen werden, sollen auch hier zum Ausdruck kommen.

Albrecht Kossel ist geboren am 16. September 1853 zu Rostock als ältester Sohn eines vornehmen und tatkräftigen Kaufmannes, und der Mannesstamm der *Kossel* läßt sich in ihrer Heimat bis zum dreißigjährigen Krieg, wahrscheinlich aber noch weiter zurückverfolgen; er hat hauptsächlich Juristen und Landwirte hervorgebracht. Dieser Familiengeschichte entsprechend hat *Kossel* die mecklenburgischen Stammeseigentümlichkeiten treu bewahrt, in seiner bedächtigen und festen Art, in seinem herzugewinnenden Sinn für Humor und nicht zuletzt auch in seinem Dialekt, den er bis zum klassischen Plattdeutsch beherrscht. Nur der kaufmännische Sinn des Vaters scheint in den Chromosomen des Sohnes zu Verlust gegangen zu sein.

Albrecht Kossel hat auf dem Gymnasium der Vaterstadt die Grundlagen für seine tiefe humanistische Bildung gelegt, doch war schon damals sein Interesse ganz überwiegend auf die Naturwissenschaften gerichtet, und er hätte sich diesen am liebsten ganz gewidmet. Aber der praktische Sinn des Vaters zwang ihn, ein gesichertes Brotstudium zu ergreifen und stellte ihn vor die Wahl, Arzt oder Apotheker zu werden. So bezog er 1872 als Studierender der Medizin die Universität Straßburg, deren junger Ruhm anfang, in die Welt hinein zu strahlen. Unter seinen Lehrern fesselten ihn neben *Waldeyer*, *Kundt* und *Baeyer* vor allem *de Bary*, und gerne wäre er ganz bei der Botanik geblieben. Bald aber überwog der Einfluß von *Hoppe-Seyler*, jenes genialen Forschers, der als erster die Chemie der Lebewesen auf exakte Grundlagen stellte und als der eigentliche Begründer der physiologischen Chemie angesehen werden muß. In seinem Laboratorium begann *Kossel* bald mit einer größeren Arbeit, deren Fragestellung aber zu weit gespannt war, als daß sie zu einem Resultat hätte führen können. Nach dem Physikum kehrte er in seine Heimatuniversität zurück, wo

er fortfuhr, neben dem regulären Studium der Medizin im chemischen Laboratorium zu arbeiten. In Rostock erledigte er 1877 das Staatsexamen, ohne jedoch näheres Interesse für die praktische Heilkunde zu gewinnen. Bald darnach rief ihn *Hoppe-Seyler* als Assistenten nach Straßburg zurück und dort trat er in jenen Kreis aufstrebender, junger Forscher ein, welche um *Hoppe-Seyler*, *Goltz*, *Waldeyer*, *Schmiedberg*, *Recklinghausen*, *Kußmaul* und *de Bary* versammelt waren, und die sich nach getaner Arbeit des Abends im „Rindfuß“ zu fröhlichen Gelagen vereinigten. *E. Baumann* war erster Assistent *Hoppe-Seylers*, und nachdem er als Abteilungsvorstand an das Berliner physiologische Institut berufen worden war, wurde *Kossel* sein Nachfolger. Im Jahre 1881 habilitierte er sich in Straßburg und 1883 berief ihn *du Bois-Reymond*, wieder als Nachfolger *Baumanns*, der den Ruf nach Freiburg angenommen hatte, an das Berliner physiologische Institut.

Wenn auch *Kossel* mit *du Bois-Reymond* und seiner Familie dauernd die freundschaftlichsten Beziehungen unterhielt, so waren doch des letzteren Ideen zu wenig der chemischen Seite zugewandt, als daß sich ein reger Gedankenaustausch hätte entwickeln können. *Kossel* war ganz auf sich selber angewiesen; als Vorsteher der physiologisch-chemischen Abteilung hatte er vor allem die Aufgabe, den praktischen Unterricht im Laboratorium zu leiten, und zwar nicht nur für die Studierenden der Medizin und speziell diejenigen der Pépinière, sondern auch für die Pharmazeuten, und gar mancher deutsche Apotheker ist stolz darauf, seine Lehrzeit in der Chemie unter *Kossels* Führung durchgemacht zu haben.

In Berlin verbrachte *Kossel* unter den bescheidensten Verhältnissen zwölf arbeitsvolle Jahre, zuletzt als außerordentlicher Professor. Dort schloß er seine glückliche Ehe mit der Tochter des bekannten Heidelberger Indogermanisten *Holtzmann*, dort sind seine drei Kinder geboren und eines davon begraben. Sein Sohn ist der bekannte Physiker *Walter Kossel*, dessen Arbeiten zur Atomlehre in dieser Zeitschrift lebhaft Beachtung gefunden haben.

Als im Jahre 1895 in Marburg die Professur für Hygiene frei wurde, entschloß sich die medizinische Fakultät, *Kossel* dafür in Vorschlag zu bringen, obwohl dieser sich nie mit Hygiene be-

schäftigt hatte, und er nahm den Ruf an. Als aber kurz nach den Verhandlungen der Physiologe *Külz* plötzlich starb, war es selbstverständlich, daß *Kossel* nunmehr für den Lehrstuhl der Physiologie gewonnen werden mußte. Den bald darauf erfolgenden Ruf nach Breslau als Nachfolger *Heidenhains* lehnte *Kossel* zur Freude Marburgs ab.

Während sich *Kossel* bis dahin in Forschung und Unterricht ausschließlich mit der physiologischen Chemie beschäftigt hatte, galt es nunmehr, sich in die gesamten übrigen Gebiete der Physiologie einzuarbeiten, und er widmete sich dieser großen Aufgabe mit voller Hingabe und der ihm eigenen Gründlichkeit. Der Erfolg blieb nicht aus. Die Studenten erkannten dankbar die Bemühungen ihres Lehrers um die Lehrfähigkeit an, und *Kossel* verstand es durch Erfindung immer neuer Experimente im Verein mit seinem treuen Mitarbeiter *Dr. Plenge* den Unterricht anschaulich zu machen. In diesen Jahren lernte *Kossel* die „Poesie des Katheders“ kennen, also die Freude am Unterricht und die anregende Wirkung, die von ihm auf den Lehrer zurückstrahlt. In Marburg verlebte *Kossel* schöne Jahre; Schüler aus allen Kulturländern der Erde kamen dorthin, um unter seiner Leitung zu arbeiten; ein Freundeskreis, zu dem *Marchand*, *Hans Horst Meyer*, *Küster*, *Korschelt* und *A. Meyer* gehörten, brachten in gemeinschaftlichen Referierabenden wie auch bei Ausflügen in die herrliche Umgebung Anregung in Fülle.

1901 erfolgte *Kossels* Berufung nach Heidelberg auf den Lehrstuhl, welchen vorher *Kühne* innegehabt hatte, und wo die Traditionen von *Helmholtz* noch treu bewahrt wurden. — In Heidelberg hat *Kossel* nach den Wanderjahren seines akademischen Lebens eine dauernde Heimat gefunden. Die Anerkennung und das Vertrauen, welche ihm von allen Seiten entgegengebracht wurden, äußerten sich auch darin, daß er zum Rektor der Universität und zum Sekretär der neugegründeten Akademie der Wissenschaft gewählt wurde. Ihm zu Ehren wurde der 7. internationale Physiologenkongreß in Heidelberg abgehalten, und die berühmten Fachgenossen der ganzen Welt versammelten sich damals in seinem Hause. *Kossel* ist einer der ersten Deutschen gewesen, welche mit dem Nobelpreis ausgezeichnet worden sind. Ferner ist er zum Mitglied verschiedener Akademien, darunter derjenigen von Stockholm und Upsala und zum Ehrendoktor von Cambridge, Dublin, Gent, Greifswald und anläßlich des letzten Physiologentages auch von Edinburgh ernannt worden. Wiederholt wurde er zu Vorträgen nach England und Amerika berufen, und diese Reisen boten ihm die Gelegenheit, seinen Gesichtskreis zu weiten und sich Freunde in jenen Ländern zu erwerben. Alle diese Ehrungen vermochten nicht, *Kossels* stille Bescheidenheit zu verändern,

welche neben seiner Zuverlässigkeit den Grundzug seines Wesens bildet.

In Heidelberg traf ihn 1913 der schwerste Schlag seines Lebens, der Tod seiner geliebten Frau, mit der er in inniger Geistesverwandtschaft gelebt hatte. Mit der Gattin hat er die Verbindung mit der Geselligkeit verloren, und die Tochter führt ihm den vereinsamten Haushalt.

Das Arbeitsgebiet von *A. Kossel* ist die physiologische Chemie und er ist ein Beispiel dafür, daß man wirklich voller Chemiker sein muß, um den Problemen der Lebewelt näher zu treten. In der exakten Schule *Hoppe-Seylers* aufgewachsen, ist er allen Fortschritten nicht nur der organischen, sondern auch der anorganischen und physikalischen Chemie bis in die gegenwärtige Zeit gefolgt. Er hat weniger mit weitgespannten Theorien sein Gebiet befruchtet, sondern vielmehr in gewissenhaft durchgeführten Einzelforschungen zuerst seine Methoden aufgebaut und auf deren sicheren Grund Funde gemacht, welche seinen Namen in der Geschichte der Wissenschaft dauernd erhalten werden. In Straßburg begann er mit der Erforschung der Chemie des Zellkerns. Zwar hatte *Miescher* den Aufbau der Nukleinsubstanzen in der Hauptsache erkannt, es war aber *Kossel* vorbehalten, in die damals noch herrschende Unsicherheit Ordnung zu bringen, das Wesen der Nukleinsäuren aufzuklären und unter deren obligaten Bestandteilen neben dem Guanin und Hypoxanthin das Adenin zu entdecken; er konnte durch die Darstellung der Lävulinsäure die Existenz eines Kohlehydratbestandteiles in den Zellkernen sicherstellen. In dem Bestreben, die einfachsten eiweißartigen Körper aufzusuchen, um der chemischen Konstitution des Eiweißmoleküls auf die Spur zu kommen, wandte er sich dem Studium des Fischspermas zu und er konnte darin neben der Nukleinsäure als basischen Bestandteil die Protamine und in den kernhaltigen Blutkörperchen der Vögel die basischen Histone nachweisen. Bei dem Studium dieser einfachsten basischen Eiweißkörper entdeckte er das Histidin. Mehr aber als dieses schien ihm das Arginin als wichtigster zentraler Bestandteil des Eiweißmoleküls und diesem sind seine letzten Untersuchungen gewidmet, nachdem es ihm gelungen war, ein neues, ausgezeichnetes Fällungsmittel für diese Base und auch für manche andere schwer faßbare Stoffe zu finden. Durch solche Arbeiten methodologischer Art wird bekanntlich die Wissenschaft mehr gefördert, als durch weitschauende Hypothesen. Als Nebenprodukt bei der Aufarbeitung von Teeblätterrückständen konnte er das Theophyllin entdecken, das bekanntlich bald zu einem unentbehrlichen diuretischen Mittel der Ärzte geworden ist.

Es würde zu weit führen, die Arbeiten *Kossels* und vor allem diejenigen seiner Schüler im einzelnen zu skizzieren. Unter der großen Zahl der Männer aus allen Ländern, die aus seinem

Laboratorium hervorgegangen sind oder darin Anregung und Förderung erfahren haben, seien nur wenige genannt: *Thierfelder, Steudel, Dakin, Henderson, Ascoli, Noll, Jones, Folin, Mathews, Gulewitsch, Kutscher* und in neuester Zeit *Edelbacher, Felix* und *Groß*. Wer aber glaubt, daß *Kossel* über seinen Einzelarbeiten die großen Zusammenhänge nicht erkannt hätte, der sei auf seine Rektoratsrede (1908), sowie auf die Akademierede vom Jahre 1922 hingewiesen oder auf seine Vorträge vor der Deutschen chemischen Gesellschaft 1901 und auf der letzten Naturforscherversammlung in Leipzig.

Der Lehrtätigkeit in Vorlesungen und Kursen hat sich *Kossel* mit einer warmen Begeisterung für die Jugend und mit wirklicher Aufopferung gewidmet, und allen denjenigen, welche sich mit dem chemischen Unterricht der Medizin studierenden zu beschäftigen haben, sei das Studium seines Leitfadens der medizinisch-chemischen Kurse empfohlen, der nicht wie so viele seines gleichen aus andern Büchern zusammengestellt ist, sondern die Frucht eines viel durchdachten Planes, eines ganz auf der Höhe der For-

scherung stehenden Mannes und eines begeisterten Lehrers ist.

Durch seine ausgedehnten Verpflichtungen als Professor, Institutsvorsteher, Akademiesekretär und Herausgeber der von *Hoppe-Seyler* begründeten Zeitschrift für physiologische Chemie ist *Kossel* in seinen Heidelberger Jahren zu seinem Bedauern immer mehr von der eigenen Laboratoriumstätigkeit abgezogen worden. Nachdem er jetzt die Bürde seiner Ämter niedergelegt hat, will er sich nicht in beschauliche Ruhe zurückziehen, sondern mit Freude sieht er der Zeit entgegen, wo er sich wieder ungestört ganz seiner Lieblingsaufgabe, nämlich der praktischen Laboratoriumsarbeit widmen kann, für welche ihm *Krehl* gastfreundlich die Laboratorien der medizinischen Klinik eingeräumt hat. Hier sollen die Arbeiten des für *Kossel* gestifteten Eiweißinstitutes weiter geführt werden.

Der beste Wunsch, den wir dem Siebzigjährigen widmen können, ist der, daß es ihm vergönnt sein möge, auf dem Gebiet seiner Lebensarbeit noch manche schöne und reife Frucht zu pflücken.

Stoffwechsel und Temperatur.

Von Hermann Freund, Heidelberg.

I.

Bei den meisten Tierarten ist die Körpertemperatur gleich der Temperatur der Umgebung. Veränderung der Umgebungstemperatur, und damit der Wärmeabgabe, führt zu einer gleichgerichteten Veränderung der Körpertemperatur. Wir bezeichnen diese Tiere deshalb als „wechselwarm“ oder „poikilotherm“. Die Bedingungen für die Wärmeabgabe sind bei ihnen so geartet, daß selbst Steigerungen der Wärmebildung, wie sie z. B. bei der Muskelarbeit oder — auch beim Kaltblüter — unter der Einwirkung von Infektionen vorkommen, die Körpertemperatur nicht über die Umgebung erhöhen. Dazu steht in keinem Gegensatz, daß solche Tiere in gewissen Fällen die Möglichkeit haben, ihre Körpertemperatur dadurch zu erhöhen, daß sich die Wärmeabgabe verringert. Beispiele dafür ergaben Temperaturmessungen im Innern von dicht zusammengeballten Bienenschwärmen und von zusammengeengelten Schlangen.

Anders bei den warmblütigen oder homöothermen Tierarten. Bei ihnen liegt die Körpertemperatur hoch über der Umgebungstemperatur und wird auch dann auf annähernd gleicher Höhe gehalten, wenn die Umgebungstemperatur sich innerhalb weiter Grenzen ändert. Diese Temperaturkonstanz wird durch einen zentralnervösen Regulationsmechanismus gewährleistet, der einerseits die Wärmeabgabe zweckentsprechend steigern oder herabsetzen kann („physikalische Regulation“), andererseits die Wärmebildung, also den Stoffwechsel, beherrscht („chemische Regulation“). Während beim wechselwarmen Tier die Wärmebildung den Verände-

rungen der Temperatur parallel geht, kann eine die Außentemperatur weit (durchschnittlich um etwa 20° C) übersteigende Körpertemperatur nur durch eine gewaltige Produktion von Wärme aufrecht erhalten werden, deren Ausmaß vom Wärmeregulationszentrum aus dem Bedarf angepaßt wird. Die Körpertemperatur kann nur so lange konstant bleiben, wie die Wärmebildung und die Wärmeabgabe gleichgehalten werden können. Dem Regulationsvermögen sind aber (nach oben und unten) Schranken gesetzt, deren Überschreitung zur Überhitzung oder Unterkühlung führt. Sowohl im Zustande der Überhitzung als im Zustande der Unterkühlung, d. h. wenn der gegenregulatorische Mechanismus insuffizient und durchbrochen ist, wird die Körpertemperatur des Warmblüters ebenso zu einer Funktion der Außentemperatur wie beim wechselwarmen Tier: sinkt die Außentemperatur noch weiter, so wird die Unterkühlung des Tieres um so stärker, und umgekehrt. Es gelingt ferner im Experiment, das Temperaturregulationszentrum völlig auszuschalten oder seine Leitungsbahnen zu den Erfolgsorganen zu durchschneiden; auch nach diesen Eingriffen sinkt die Körpertemperatur bei ursprünglich homöothermen Tieren mit sinkender Außentemperatur und steigt bei Erhöhung der Außentemperatur. Der Zustand dieser experimentellen Poikilothermie unterscheidet sich aber dadurch von der natürlichen, daß dabei die Körpertemperatur noch um mehrere Grade höher liegt als die Außentemperatur. Neben wechselnden äußeren Bedingungen können aber auch innere Störungen, deren Sitz in das Regulationszentrum zu legen ist, zu einer Veränderung der

Körpertemperatur beim Warmblüter führen: im Fieber und im Kollaps.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß der Einfluß der Temperatur auf die Stoffwechselvorgänge ganz verschieden ist, je nachdem es sich um eine Veränderung der Körpertemperatur handelt oder um eine Veränderung der Außentemperatur bei regulatorisch konstant gehaltener Körpertemperatur.

II.

Die Größe des Zellstoffwechsels ist das Ergebnis einer Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge, die wir im einzelnen nicht messend verfolgen können; der Gesamtstoffwechsel höher organisierter Tiere ist die Summe der Stoffwechselvorgänge in den einzelnen Organen, also von deren jeweiliger Funktion abhängig. Die einzige Energiequelle des Organismus sind exotherme chemische Prozesse. Diese chemischen Reaktionen werden durch Temperaturerhöhung beschleunigt, durch Temperaturniedrigung verlangsamt. Nach der Regel *van't Hoff's* wird die Reaktionsgeschwindigkeit der meisten chemischen Prozesse bei einer Temperaturerhöhung um 10° annähernd verdoppelt; ihr Temperaturkoeffizient für 10° ist $= 2-3$. Im Tierkörper kommen aber rein chemische Prozesse nicht vor. Zur Beschleunigung seiner Reaktionen bedient er sich zweier Mittel, der Katalyse und der Konzentrationserhöhung an Oberflächen. Der vielphasige kolloide Aufbau der tierischen Zellen, ihre Struktur, schafft Oberflächen von unmeßbarem Umfang. Diese Oberflächen sind niemals konstant: sie werden von den reagierenden Stoffen und durch die Reaktionsprodukte fortdauernd geändert, und das Gleiche muß durch Temperaturveränderung eintreten. Neben der Einwirkung auf den Ablauf der rein chemischen Umwandlungen wird jede Temperaturänderung also auch durch mittelbare oder unmittelbare Veränderung der Kolloidstruktur auf die Stoffwechselgröße einwirken.

Alle chemischen Reaktionen führen zu einem Gleichgewicht; sie werden automatisch verlängert, wenn Reaktionsendprodukte sich anhäufen, beschleunigt, wenn sie weggeschafft werden. So ist für die Stoffwechselgröße die Abfuhr der Reaktionsprodukte ebenso bestimmend, wie die Zufuhr — vor allem von Sauerstoff, aber auch von Brennmaterial — zur Zelle. Der Transport von und zu der Zelle ist aber abhängig von der Diffusionsgeschwindigkeit. Damit gewinnt der physikalische Zustand der Grenzschichten der Zelle (worauf hier nicht eingegangen werden kann) und seine Abhängigkeit von der Temperatur entscheidende Bedeutung für die Größe des Stoffwechsels. Die Temperaturabhängigkeit der Diffusion durch pflanzliche und tierische Grenzschichten ist direkt beobachtet worden¹⁾. Beim

höher organisierten Tier, vor allem beim Warmblüter, mit dem wir uns vorwiegend beschäftigen wollen, vermittelt der Kreislauf den Transport von und zu den Zellen. Hier kommt also als weiteres Moment die Durchblutung in Betracht. Die Größe der Durchblutung wird dadurch bestimmt, wieviele der vorgebildeten Kapillargefäße blutdurchströmt oder geschlossen sind; je weniger Kapillaren Blut führen, um so weiter ist der Weg, der durchschnittlich zwischen Kapillarblut und Zelle liegt, um so weiter also die Strecke, welche beim Austausch durch Diffusion zurückgelegt werden muß. Auch die Zahl der offenen Kapillaren, die Durchblutung, ist temperaturabhängig: Kälte wirkt hemmend, Wärme fördernd.

Wenn also die Temperatur die Bedingungen für den Stoffwechsel der Einzelzelle von den verschiedensten Angriffspunkten aus beeinflussen kann, so kommen für die Verhältnisse beim höheren Tier noch weitere Probleme hinzu. Wenn wir beim höheren Tiere vergleichende Stoffwechseluntersuchungen anstellen wollen, so müssen wir Standardbedingungen schaffen, d. h. wir müssen möglichst alle nur gelegentlichen Organleistungen auszuschalten suchen, von denen wir wissen, daß sie den Stoffwechsel erheblich steigern. Hierher gehört zunächst die Muskel-tätigkeit, hierher gehört die Verdauungsarbeit. Wir haben uns deshalb gewöhnt, die Stoffwechselgröße im Hunger und bei völliger Muskelruhe als „Erhaltungsstoffwechsel“ oder „Grundumsatz“ zu bezeichnen. Dabei gehen aber zum mindesten drei lebensnotwendige Organleistungen weiter, bei denen neben gerichteter Energie Wärme entsteht: Atmung, Kreislauf und Nierentätigkeit. Nach *Krogh*²⁾ macht die Nierensekretion etwa 5 %, die Herztätigkeit 10—15 % und die Atmung etwa 15 % des Gesamtgrundumsatzes aus. Nur die letztere ist direkter Messung zugänglich; die Lungenventilation von 1 Liter verbraucht etwas mehr als 5 ccm Sauerstoff $=$ ca. 25 kleine Kalorien³⁾. Wenn wir bedenken, daß die Ventilationsgröße pro Minute beim Menschen etwa 7 Liter, beim Hunde mittlerer Größe etwa 2 Liter beträgt, so verbraucht die Atmungsarbeit in 24 Stunden beim Menschen rund 250 große Kalorien, beim Hund rund 72 Kalorien. Wir wissen aber, daß Pulsfrequenz und Atemfrequenz der Körpertemperatur parallel gehen. Jede Veränderung der Körpertemperatur muß also auch auf diesem Wege den Gesamtstoffwechsel beeinflussen.

Da jeder einzelne der genannten Faktoren (und die Aufzählung macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit) in verschiedenen Temperaturbereichen durch Temperaturveränderungen verschieden stark und zum Teil in verschiedener Richtung beeinflusst werden kann, so ist jeder Versuch einer feineren Analyse des Temperatureinflusses auf Stoffwechsel und Lebensvorgänge

¹⁾ *Snyder*, Der Temperaturkoeffizient der Resorption bei tierischen Membranen, Zentrabl. f. Phys. 22 (1908). — *Van Rysselberghe*, Recueil de l'Inst. Bot. publ. par Errera Bd. 5 (1902), zit. nach *Pütter*, Temperaturkoeffizienten, Z. f. allgem. Phys. Bd. 16 (1914).

²⁾ *Krogh*, The respiratory exchange of animals and man. London (Longmans, Green and Co., 1916).

³⁾ *Bornstein* und *v. Garitzen*, Pflügers Arch. 103, S. 628 (1905).

überhaupt vor der Hand unmöglich. Der Gesamtüberblick zeigt aber soviel, daß der Stoffwechsel der Grundrichtung nach mit steigender Körpertemperatur ansteigen und mit sinkender Körpertemperatur abnehmen muß. Wir werden sehen, daß sich dabei nicht alle Temperaturbereiche gleich verhalten.

III.

Wenn wir zunächst den Grundsatz poikilothermer Tiere, berechnet aus dem Sauerstoffverbrauch, bei verschiedenen Temperaturen untersuchen, so ergibt sich eine auffallende Gleichartigkeit des Stoffwechselverlaufs mit der Temperaturkurve. In folgender Tabelle seien als ein Beispiel dafür Untersuchungen von Krogh⁴⁾ an

Tabelle 1.

	4°	8°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°
Kröte (dezebriert).....	68	113	172	209	258	317	386	460	536	618
Frosch (Urethan)	69	111	174	215	266	322	383	452	527	608
Frosch (Curare).....	—	116	178	218	264	316	373	435	502	—
Goldfisch (Urethan)	67	111	178	218	266	318	379	448	534	630

Kröte, Frosch und Goldfisch zugrunde gelegt; um Muskelruhe zu erzwingen, waren die Tiere dezebriert, narkotisiert oder curarisiert; die Zahlen geben den Sauerstoffverbrauch in ccm auf 1 kg und 1 Stunde berechnet. (Tab. 1.)

Wird die Temperatur aber weiter gesteigert, so hat Pütter⁵⁾ an Fröschen und Blutegelein gefunden, daß bei reiner Hautatmung (in geschlossenen, mit Wasser gefüllten Gefäßen) der Sauerstoffverbrauch nicht mehr entsprechend ansteigt, sondern vielmehr absinkt. Pütter konnte zeigen, daß der stoffwechselsteigernde Einfluß der Temperaturerhöhung sich deshalb nicht auswirken konnte, weil die Sauerstoffversorgung bei normalem O₂-Druck für den erhöhten Bedarf nicht ausreicht. Durch Erhöhung des O₂-Drucks im Wasser gelang es ihm, bei Fröschen bis etwa 30° eine steigernde Wirkung der Temperaturerhöhung auf den Stoffwechsel zu demonstrieren. Das Heruntergehen des Stoffwechsels bei höheren Temperaturgraden und normalem Sauerstoffdruck beruht nach ihm auf einer Schädigung der Zellen durch Anhäufung von Produkten unvollständiger Oxydation. Bei noch weiterer Steigerung der Temperatur nehmen dann zellschädigende Prozesse so überhand, daß auch eine weitere Verbesserung der O₂-Versorgung den Stoffwechsel nicht mehr vor dem Absinken zu bewahren vermag. Hier sind schädigende Wirkungen der Temperatur auf die Zelle anzunehmen, die schließlich zum Zelltode führen. Wir sehen also, daß zwar bei sinkender Temperatur der Stoffwechsel abnimmt, daß aber der stoffwechsel-

steigernden Wirkung einer Temperaturerhöhung Grenzen gesetzt sind.

Bisher haben wir nur das Verhalten des Kaltblüterstoffwechsels bei Temperaturveränderungen besprochen. Wenn es beim Warmblüter gelingen soll, die Körpertemperatur zu verändern, so muß, wie oben ausgeführt, der physiologische Faktor der Wärmeregulation ausgeschaltet oder durchbrochen werden. Ist das der Fall, so verhält sich auch der Warmblüterstoffwechsel bei verschiedener Körpertemperatur ähnlich, wie wir es beim Kaltblüter sahen. Als Beispiel seien zunächst einige Zahlen⁶⁾ für den Sauerstoffverbrauch (in Liter pro Stunde) angeführt, die an einem Kaninchen nach Halsmarkdurchschneidung gewon-

nen wurden — einem Eingriff, der das Regulationsvermögen aufhebt:

Tabelle 2.

Körpertemperatur	39,2°	38,3°	37,2°	34,9°
O ₂ -Verbrauch in l pro 24 Std.	1,39	1,13	1,08	0,78

Ferner ändert der Warmblüter seine Körpertemperatur infolge krankhaft veränderter Funktion des Wärmезentrums im Zustande des Fiebers. Wie sich dabei der Stoffwechsel durch die erhöhte Temperatur verändert, zeigt die folgende Tabelle⁷⁾, die in Durchschnittszahlen aus 137 Versuchen an fiebernden Menschen die Stoffwechselgröße bei verschiedener Fieberhöhe enthält (dabei ist die normale Stoffwechselgröße = 100 gesetzt):

Tabelle 3.

Körpertemperatur	36,6°—37°	38°	39°	40°
Stoffwechsel	100	115	127	138

Dies sind zwei Beispiele, bei denen die Regulation nicht hineinspielt und infolgedessen die reine Auswirkung der Temperaturveränderung auf den Stoffwechsel hervortritt.

Anders liegt es, wenn regulierende Tiere dadurch unterkühlt werden, daß ihre Fähigkeit, die

⁴⁾ Krogh, Internat. Zeitschr. f. physik.-chem. Biologie Bd. 1 (1914), zit. nach Krogh l. c.

⁵⁾ Pütter, Zeitschr. f. allgem. Phys. Bd. 16, S. 574 (1914).

⁶⁾ Freund u. Grafe, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 70, S. 135 (1912); vgl. Kaninchen Nr. 66.

⁷⁾ Du Bois, Journ. of americ. medic. associat. 77, S. 352 (1921); zitiert nach Grafe, Die path. Physiologie des Gesamtstoff- u. Kraftwechsels bei der Ernährung d. Menschen, Erg. d. Phys. Bd. XXI, II. Abt. (1923).

Körpertemperatur durch Regulation festzuhalten, überwunden wird. Das folgende Beispiel entstammt einer alten Versuchsreihe *Pflügers* an einem Kaninchen, welches im kalten Wasserbade abgekühlt wurde:

Tabelle 4.

Körpertemperatur	39,2°—38,3°	37,8°—37,3°	37,6°—23,6°	23,6°—24°	24°—20°
O ₂ in ccm per kg u. Stunde...	738	839	859	608	457

Ähnlich ist der Verlauf der Stoffwechseländerung bei verschiedener Temperatur nach Eingriffen, welche entweder infolge Lähmung der Hautgefäßnerven oder durch die Notwendigkeit künstlicher Atmung und durch abnorme Körperhaltung der Tiere infolge Lähmung der Muskelinnervation die Wärmeabgabe stark erhöhen, aber die chemische Regulation intakt lassen. Ein Beispiel dafür findet sich in Tab. 6 (siehe unten).

Wir haben hier das Bild angespanntester chemischer Regulation, die den Stoffwechsel hoch über den Anfangswert steigert. Trotz dieser regulatorischen Steigerung der Wärmebildung ist aber die Wärmeabgabe so groß, daß die Körpertemperatur sinken muß. Das Maximum der Wärmebildung trifft dabei unter Umständen mit einer Körpertemperatur zusammen, die mehrere Grade unter der Norm liegt. Erst bei weiterer

Bei höheren Gradzahlen beherrschen dagegen biologische Faktoren das Feld: ungenügende Sauerstoffversorgung, ungenügender Abtransport schädlicher Reaktionsprodukte, direkte lebensgefährdende Zellschädigung durch die Tempera-

tar und schließlich beim Warmblüter die Vorgänge der chemischen Regulation, die uns im Folgenden noch beschäftigen soll.

IV.

Über die Haupttatsachen der Wärmeregulation sind die Leser dieser Zeitschrift durch ein Referat von *H. H. Meyer* (1920) unterrichtet. Hier soll nur von den Stoffwechselvorgängen, der sogenannten „chemischen Regulation“, die Rede sein. Seit *Rubner* bezeichnen wir damit die Steigerung der Wärmebildung, welche bei sinkender Umgebungstemperatur und dadurch vermehrter Wärmeabgabe notwendig wird, wenn die Körpertemperatur konstant bleiben soll. Auch hierfür sei zunächst als Beispiel ein Stoffwechselversuch bei einer Ratte⁸⁾ angeführt, deren Körpertemperatur (zwischen 35 und 36°) sich von 5° bis 30° Außentemperatur normal hielt, bei 33° Außentemperatur auf 37,4° anstieg.

Tabelle 5.

Außentemperatur	5°	13°	21°	25°	28°	30°	33°
ccm O ₂ pro kg in 24 Std.	95	80	63	42	43	46	54
Körpertemperatur	35°	34,9°	35,6°	35,1°	35,2°	35,3°	34,4°—37,4°

Unterkühlung sinkt dann der Stoffwechsel mit der Temperatur ab, wie bei regulationslosen Tieren. Hier sind also biologische Vorgänge im Spiele, welche den herabmindernden Einfluß der Temperatursenkung zunächst überdecken und ihn erst bei tieferer Gradzahl der Körpertemperatur hervortreten lassen.

Wenn wir die Stoffwechselveränderungen unter dem Einfluß von Veränderungen der Körpertemperatur überblicken, so finden wir wohl im Grundsatz beide gleich gerichtet. Aber die Abhängigkeit ist doch nicht so, wie sie für rein chemische Vorgänge zu erwarten wäre. In gewissen kurzen Temperaturbereichen kann man wohl einen Temperaturkoeffizienten von 2—3 für 10° errechnen; beim Warmblüter sind das die Wärmegrade, die nahe um die normale Körpertemperatur liegen. Bei tieferen Gradzahlen ist aber die Stoffwechselabnahme viel schneller, ihr Temperaturkoeffizient also zunehmend größer.

Die Tabelle zeigt in einem Intervall zwischen 25° bis 30° annähernd gleiche Stoffwechselwerte; das ist in diesem Falle der Temperaturbereich, in welchem die „physikalische Regulation“ der Wärmeabgabe (Hautdurchblutung, Wasserverdunstung, Atmung) die Temperaturkonstanz gewährleistet. Geht die Außentemperatur tiefer, so zeigt das Tier die Fähigkeit, den Stoffwechsel bis über das Doppelte zu steigern. Nur durch gleichzeitige Einsparung und Mehrbildung von Wärme gelingt es ihm, die Körpertemperatur konstant zu halten. Oberhalb 30° Außentemperatur wird die Regulation durchbrochen: bei der Gefahr der Überhitzung werden die Maßnahmen zur Wärmeabgabe aufs äußerste gesteigert, d. h. eine stark beschleunigte und vergrößerte Atmung setzt ein; bei der hierfür notwendigen Arbeitsleistung der Atemmuskulatur, von deren Größenordnung oben die Rede war, ent-

⁸⁾ *Goto*, Biochem. Zeitschr. 135, S. 107 (1923).

steht aber Wärme, da der Nutzeffekt für die Muskularbeit nur etwa 20—30 % beträgt. In gleicher Weise muß die infolge dieser Muskelarbeit und durch die Temperatur selbst beschleunigte Herzaktion zu einer Mehrbildung von Wärme führen. So wirkt die Maßnahme, welche den Organismus durch Erhöhung der Wärmeabgabe vor Überwärmung schützen soll, ihrem Ziele selbst entgegen, weil dadurch andererseits die Wärmebildung gesteigert wird.

Dieses Beispiel genüge, um die Tatsache der chemischen Regulation gegen Unterkühlung darzutun und andererseits auch wieder zu zeigen, wie verwickelt die Verhältnisse beim höher organisierten Tiere, besonders an der oberen Grenze der Regulationsbreite, liegen.

Der obige Versuch zeigt ferner, daß es Temperaturbereiche gibt, in denen der Organismus mit der physikalischen Regulation auskommt oder zum mindesten der Effekt der chemischen Regulation in der Stoffwechseleröße nicht in Erscheinung tritt. Überhaupt ist der Anteil, den die chemische Regulation zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur beiträgt, bei verschiedenen Tierarten keines-

macht fast $\frac{1}{2}$ des Körpergewichts aus und fraglos ist bei drohender Abkühlung das Kältezittern, beim Fieberanstieg der Schüttelfrost an der gesteigerten Wärmebildung beteiligt. Anders steht es aber um die Frage, ob auch ohne motorische Muskelinnervation eine chemische Regulation möglich ist.

Zur Entscheidung sind in erster Linie Versuche an Tieren heranzuziehen, die mit Curare vergiftet sind, einem Gift, das effektiv die motorischen Nervenendigungen lähmt, also die gesamte quergestreifte Muskulatur einschließlich der Atemmuskeln dem Einfluß der motorischen Nerven entzöhlt. Die Folgen einer solchen Vergiftung machen künstliche Atmung (d. h. meist Überventilation mit zu trockener kalter Luft und Aufbinden der Tiere notwendig, also Steigerung der Wärmeabgabe durch abnorme Körperstellung. Solche Tiere sind denn auch viel leichter unterkühlbar als normale. Trotzdem sind sie aber nicht poikilotherm. Denn sie sind wesentlich schwerer überhitzbar als normale Tiere und man kann bei ihnen noch experimentelles Fieber erzeugen⁹⁾. Auch der Stoffwechselversuch¹⁰⁾ zeigt klar, daß sie noch chemisch regulieren können.

Tabelle 6.

Curarisierter Hund, Sauerstoffverbrauch in ccm pro Minute.

Körpertemperatur	39,75°	37,2'	32,25'	28,65°	28,15°	22,65°	14,1°
O ₂ -Verbrauch pro 1'..	11,2	13,0	9,8	6,8	7,65	4,8	2,15

wegs gleich, im allgemeinen um so größer, je kleiner die Tiere sind. Aber auch bei der gleichen Tierart bestehen große individuelle Unterschiede. Offenbar spricht der Stoffwechsel einzelner Tiere, ja auch des gleichen Tieres zu verschiedenen Zeiten, sehr verschieden leicht auf die nervösen Einflüsse des Wärmesentrums an. Der Ernährungszustand, Gewöhnung, die Verhältnisse der inneren Sekretion, umstimmende Nachwirkungen vorausgegangener Infektionen und vieles andere mehr können hier hineinspielen.

Durch den Nachweis der chemischen Regulation, also einer nervösen Beeinflussbarkeit des Gesamtstoffwechsels zum Zwecke der Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, wird die interessante Frage aufgeworfen, wo und in welcher Weise der Nerveneinfluß angreift. Vorausgeschickt sei, daß wir in das feinere Geschehen an der Zelle dabei keinerlei Einblick haben. Wir müssen uns damit begnügen, die Wege zu erörtern, auf denen eine Änderung des Organstoffwechsels und damit des Gesamtstoffwechsels durch Nerveneinfluß möglich ist.

Eine bekannte Form, die Wärmebildung zu vermehren, ist die Steigerung der Organarbeit, vor allem die motorische Innervation. Bei der Muskelzuckung wird etwa $\frac{1}{4}$ der verbrauchten Energie in Wärme umgewandelt, die Muskulatur

Der Sauerstoffwert steigt trotz der Abkühlung um 2,5° um etwa 15 % an und sinkt erst bei weiterer Unterkühlung ab. Das ist aber das gleiche Verhalten, wie es das nicht curarisierte Kaninchen im kalten Bade zeigt (vergl. Tab. 4).

Schon die früher bekannte Tatsache¹¹⁾, daß der Stoffwechsel curarisierter Hunde nicht nur nicht herabgesetzt, sondern um etwa 10 % über die Norm erhöht ist, wenn die Körpertemperatur normal gehalten wird, mußte für eine zur Abwehr der erhöhten Wärmeabgabe regulatorisch gesteigerte Wärmebildung sprechen. Wenn wir noch in Rechnung setzen, daß hier der Grundumsatzwert durch Wegfall der bei der Atmungsarbeit benötigten Energie (künstliche Atmung!) um etwa 15 % verkleinert werden muß (nach Krogh), so muß die gesamte Stoffwechselsteigerung dieser Hunde auf etwa 30 % angesetzt werden, und das entspricht ungefähr den Werten, die auch sonst für die chemische Regulation normaler Hunde gefunden wurden. So zeigt also der Gesamtstoffwechsel auch ohne motorische Muskelinnervation die Möglichkeit einer chemischen Re-

⁹⁾ Freund u. Schlagintweit, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 77, S. 258 (1914)

¹⁰⁾ Krogh (2) l. c., zitiert nach Grafe l. c.

¹¹⁾ Frank und F. Voit, Zeitschr. f. Biologie Bd. 42, S. 209 (1901).

gulation. Damit ist aber die Frage keineswegs entschieden, ob nicht die Muskulatur auch nach Ausschaltung der motorischen Innervation noch für die vermehrte Wärmebildung vom Nervensystem herangezogen werden kann. Versuche darüber sind durch Messung des Sauerstoffverbrauchs einer Muskelgruppe im intakten Tier durch die Methode von *Barcroft* und *Verzár* möglich und in letzter Zeit ausgeführt worden¹²⁾. Dabei zeigte sich, daß nach Durchschneidung der motorischen Nerven, also nach Ausschaltung der Muskelzuckung und des „Muskeltonus“, der Ruhestoffwechsel der Muskulatur sich an der chemischen Regulation beteiligt: wurde das Tier der Kälte ausgesetzt, so stieg der Sauerstoffverbrauch des Muskels an; wurde es warm gehalten, so sank er ab. Die Impulse des Wärmezentrums müssen also den Muskel auch dann noch erreichen können, wenn der motorische Nerv durchschnitten ist. Dafür stehen drei Wege offen: 1. Veränderung der Durchblutung, 2. hormonale Einflüsse, die auf dem Blutwege dem Muskel zufließen, und 3. die vegetativen Nervenbahnen, welche längs der Arterien zu allen Organen ziehen und von deren Funktion bisher nur die zentripetale Leitung der Gefäßempfindlichkeit mit Sicherheit nachgewiesen ist¹³⁾. Die Versuche ergaben zunächst, daß die Veränderung des Ruhestoffwechsels des Muskels bei der Wärme-regulation von der Durchblutung unabhängig war. Überhaupt läßt sich durch vermehrte Blutzufuhr, d. h. im wesentlichen durch verbesserte Sauerstoffversorgung, der Muskelstoffwechsel nicht steigern, zum mindesten nicht, wenn die Durchblutung oberhalb eines niedrigen (im Leben kaum vorkommenden) Grenzwertes lag. Diese erste Möglichkeit war auch deshalb schon unwahrscheinlich, weil die wesentlichsten arterio-motorischen Nerven gemeinsam mit dem motorischen verlaufen und also in den genannten Versuchen zugleich mit diesen durchschnitten waren.

Wesentliche Argumente schienen dafür zu sprechen, daß innere Sekrete, vor allem die Schilddrüsenhormone, die chemische Regulation vermitteln. *Hans Horst Meyer*¹⁴⁾ hatte auf Grund von Versuchen *Mansfelds*¹⁵⁾ gefolgert,

¹²⁾ *Freund* u. *Janssen*, Pflügers Archiv Bd. 200 (im Druck) 1923.

¹³⁾ *Odermatt*, Bruns' Beitr. z. klin. Chir. Bd. 127, S. 1 (1922).

¹⁴⁾ *H. H. Meyer*, Naturwissenschaften (1920).

¹⁵⁾ *Mansfeld* u. *von Pap*, Pflügers Arch. Br. 184, S. 231 (1920).

daß die Nervenbahnen vom Wärmezentrum aus zur Schilddrüse liefen; dort nahm er die Umschlagestelle an, an der die nervöse Leitung aufhöre und statt ihrer chemische Stoffe. — „Heiz- und Kühkhormone“ — gebildet werden, die dann auf dem Blutwege die Stoffwechseländerung hervorrufen. Aber die chemische Regulation des motorisch entnervten Muskels blieb auch dann in unveränderter Weise nachweisbar, wenn die Schilddrüse vor dem Versuch herausgenommen war. Durch diese Erfahrung wird die eben skizzierte Hypothese unhaltbar.

Schließlich glückte der Nachweis, daß es die dritte der angeführten Möglichkeiten ist, deren sich der Organismus zur Regulation des Stoffwechsels bedient. Eine einseitige Entfernung der Nervengeflechte, welche in der Adventitia der zu der betreffenden Muskelgruppe führenden Arterie verlaufen, hob die chemische Regulation der gleichseitigen Muskulatur auf, während der Muskel der anderen Seite chemische Regulation zeigte. Noch schlagender war das Resultat bei fiebernden Tieren. Hier liegt der Sauerstoffverbrauch des motorisch entnervten ruhenden Muskels (pro 1 g und 1 Minute) um 25–30 % höher als bei normalen Tieren. Wurde im Fieber einseitig die Durchschneidung der periarteriellen Nerven vorgenommen, so hörte das Bein der operierten Seite zu „fiebern“ auf; sein Sauerstoffverbrauch entsprach der Norm, während er zur gleichen Zeit auf der Gegenseite noch fieberhaft erhöht war.

Mit diesen Versuchen ist zum ersten Male eine direkte Innervation der Stoffwechselvorgänge ohne Steigerung spezifischer Organleistungen aufgedeckt, die in ihrer Bedeutung weit über das Problem der chemischen Regulation hinausgeht. Hier soll aber nur auf die letztere eingegangen werden. Periarterielle Nerven führen zu allen Organen des Körpers. Ihre Bedeutung für die chemische Regulation ist für den Muskelstoffwechsel bewiesen und für den Leberstoffwechsel sehr wahrscheinlich gemacht (Gesamtstoffwechseluntersuchungen; Ausbleiben der Stoffwechselherabsetzung bei Überhitzung nach periarterieller Entnervung der Leber)¹⁶⁾. Somit ist anzunehmen, daß das Wärmezentrum auf der Bahn dieser Nerven Einfluß auf die Stoffwechselgröße aller Teile des Körpers habe. Wie dieser Nerveneinfluß im einzelnen wirksam wird, darüber fehlt uns bisher jede Kenntnis.

¹⁶⁾ *Plaut*, Zeitschr. f. Biol. Bd. 76, S. 183 (1922).

Die Projektion der geologischen Karte.

Von Max Eckert, Aachen.

Mit der Projektion der geologischen Karte berühren wir ein Gebiet, an das man bisher nur zaghaft herangetreten ist. Vor 1900 kümmerte man sich kaum darum. Erst die paläogeographische Karte und die Internationale Geologische

Weltkarte (wir wollen sie I. G. K. nennen) rütteln im neuen Jahrhundert die geologischen Gemüter auf, der Projektion auf geologischen Karten etwas mehr Aufmerksamkeit als bisher zu schenken. Die alt üblichen winkeltreuen Pro-

jektionen haben in der Gunst des Geologen wesentlich eingebüßt. Mehr und mehr gibt man den flächentreuen den Vorzug, in der Erkenntnis, daß man die Areale der geologisch unerforschten Gebiete und der geologischen Gruppen, Provinzen und Einheiten nicht bloß in Tabellen auf dem Papier berechnet, wie es beispielsweise durch A. v. Tillo geschehen ist, sondern auch im Bilde auf der Karte veranschaulicht haben will.

Unter den älteren geologischen Kartenwerken sei auf H. Berghaus' Physikalischen Atlas, Gotha 1892, hingewiesen, in dem nach reiflicher Überlegung der Flächentreue schon einigermaßen Rechnung getragen wird. Die Mercatorprojektion ist gegenüber der älteren Auflage merklich zurückgedrängt. Viel könnte man über die Sünden schreiben, die durch die Mercatorprojektion auf geologischen Karten herbeigeführt worden sind, selbst auf den jüngeren paläogeographischen Karten. Alle Karten, die sich der Mercatorprojektion bedienen, kranken an einer unerquicklichen Flächenfälschung. Sie ist eben für ganz andere Zwecke geschaffen. Verwandt in der Flächenfälschung ist ihr die sogenannte stereographische Projektion. Sie alle sind in der Hauptsache für geologische Darstellungen zu verwenden. Ferner sind auch sternförmige Entwürfe zu vermeiden, wie die von A. Steinhäuser, Aug. Petermann u. a. Die Zerlappung der Erdbilder stört die kontinuierlichen Formen und schließlich das kontinuierliche Denken.

Bei den paläogeographischen Erdkarten herrschte bis ins erste Dezennium des neuen Jahrhunderts die Mercatorprojektion vor. Man wußte eben nichts anderes, obwohl die Bearbeiter der Karten hätten aufstützig werden müssen, auf eine Karte, die von vornherein falsche Flächen gibt, ein Bild zu konstruieren, dessen Richtigkeit vielfach von vornherein mancherlei Zweifeln unterworfen ist. Für paläogeographische Karten ist einzig und allein das flächentreue Netz die gegebene Projektion. Ausnahmen sind gestattet, wenn man z. B. mit einem kreisförmigen Umfang das gesamte Erdbild umfassen will, wenigstens das, soweit es sich in der Landhalbkugel wiedergibt. Dazu ist weder Lamberts flächentreues Erdbild noch ein Entwurf von Grinten geeignet; dagegen hätte man recht gut für gewisse geologische, insbesondere paläogeographische Zwecke auf H. James' Entwurf zurückgreifen können, der innerhalb eines Kreisumfanges nahezu $\frac{3}{4}$ der Erdoberfläche umfaßt. Das könnte allerdings nur der Projektionstheoretiker wissen; bei einem solchen scheint man leider nie angefragt zu haben. So wäre z. B. in Fr. Kossmats kleiner Paläogeographie James' Netz am Platze gewesen.

Ein erfreulicher Anstoß zum Gebrauch flächentreuer Karten führt auf A. de Lapparent zurück. Als ein durchaus kritischer Kopf sah Lapparent mit der Zeit ein, daß die Erdbilder, wie er sie in den ersten Auflagen seines *Traité de géologie* in Mercatorprojektion brachte, der

Paläogeographie nichts nützen konnten und hat infolgedessen in der 5. Auflage, Paris 1906, Lamberts flächentreue Azimutalprojektion für seine Erdhalbkarten angewendet, was er auf S. 732 seines Werkes eingehender begründet¹⁾. Von der Flächentreue geologischer Karten war außer Lapparent zuerst E. Koken überzeugt. Er hat dieselbe Wandlung seiner Ansichten wie Lapparent durchgemacht. In seinem Werke über die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte, Leipzig 1893, gebrauchte er noch die Mercatorkarte, dagegen 1907 bei der Zeichnung der Länder und Meere zur permischen Zeit die Hammersche Projektion²⁾. Im Text dazu heißt es: „Die Verzerrung der Umrißlinien der an der Peripherie gelagerten Länder wird reichlich aufgewogen durch den Vorteil, die wahren Größenverhältnisse jederzeit entgegenzunehmen.“ Dr. Kreichgauer hat sich der gleichen Projektion bedient. Auch E. Dacqué hat sich von der Anwendung der flächentreuen Projektionen überzeugen lassen und einer meiner flächentreuen Projektionen wendet er seine besondere Aufmerksamkeit zu³⁾. Diese Projektion ist bereits für geologische Karten benutzt worden; so hat sie Karl Andrée in seiner Geologie des Meeresbodens, II. Bd., zur Veranschaulichung der Verbreitung der rezenten Meeressedimente und des Treibeises gebraucht. In der Karte, die Dacqué seinen Grundlagen und Methoden der Paläogeographie beigegeben und der Verbreitung der diluvialen Eiszeit gewidmet hat, ist von F. Levy in der flächentreuen Projektion von Mollweide entworfen und gezeichnet worden.

Voranstehende kleine Auslese von neueren geologischen bzw. paläogeographischen Karten, die das ganze Erdbild umfassen, zeigt genugsam, daß in geologischen Kreisen sich das Gewissen geregt hat, auch in projektionstechnischer Hinsicht nicht mehr an alt Verschimmeltem hängen zu bleiben. Bei der internationalen geologischen Europakarte hätte man bereits auf eine bessere Projektion hinarbeiten können. Um so mehr ist man erstaunt, durch die Projektion der geplanten geologischen Weltkarte in 1 : 5 000 000 (I. G. K.) zur alten äquatorständigen winkeltreuen, sog. stereographischen Projektion zurückgeworfen zu werden, zu einer Projektion, die jahrhundertlang das Erdhemisphärenbild beherrscht hat — eben weil man damals keine bessere kannte —, und die nun glücklich aus jedem bessern Atlas und Erd-

¹⁾ Die Projektion ist von Lambert und nicht von Lapparent, wie E. Dacqué annimmt. Wie auf Seiten der Geologen falsche Anschauungen über Namen und Wesen verschiedener Projektionen herrschen, erörtere ich eingehender im II. Band meiner „Kartenwissenschaft“, der 1924 im Buchhandel erscheint.

²⁾ Daß Koken von „Bludauscher Projektion“ spricht, ist ein Irrtum, für den er nicht verantwortlich zu machen ist. Vgl. Anm. 4 auf S. 132 meiner Kartenwissenschaft, Bd. I.

³⁾ E. Dacqué: Grundlage und Methoden der Paläogeographie, Jena 1915, S. 206.

halbenbild hinausgeworfen ist⁴⁾. Sie bei einem derartig bedeutenden Kartenwerke wie einer großmaßstabigen Weltkarte wieder aufzuwärmen, bedeutet einen ganz bedenklichen Rückschritt in der Wissenschaft. Entweder liegt hier ein bedauerlicher Irrtum vor oder eine starre Voreingenommenheit. Für die Auswahl der stereographischen Projektion scheint *Fr. Beyschlag* ausschlaggebend gewesen zu sein⁵⁾; in seinen Fußtapfen wandelt *J. Ahlburg*⁶⁾. Für die Anwendung der stereographischen Projektion werden folgende Gründe ins Feld geführt. Da „die Weltkarte eine übersichtliche Zusammenstellung des geologischen Wissens der Erde anstrebt“, soll „die Karte in erster Linie als Wandkarte verwendbar“ sein. Die Wandkarte, d. h. jede Erdhalbe, denn die Weltkarte soll in zwei Halbkugelanisichten erscheinen, würde nach meiner Berechnung über eine Höhe, bzw. Breite von nicht ganz 4 m verfügen, nach *Beyschlag* 4,5 m (beide Erdhalben zusammen $4,5 \times 9$ m). Der Hörsaal dürfte wohl vielen erwünscht sein, wo es möglich ist, so große Wandkarten aufzuhängen. Ob man sie dann noch ohne Leiter studieren kann, ist zweifelhaft, und man wird sich bloß mit dem Hinweis auf allgemeine Züge begnügen müssen, falls die Farben einen dabei genügend unterstützen, was aber nur in den größten Umrissen möglich ist. Und ist dies bloß möglich, dann ist es nicht notwendig, ein Karten-Mastodon an die Wand zu zwingen, wo eine Wandkarte kleineren Maßstabes vollkommen genügt. Zu Studienzwecken wird die Weltkarte 1 : 5 000 000 doch Mappenkarte bleiben. Will man ein geschlossenes Halbkugelbild haben, dann wären flächentreue Bilder ebenso als „Wandkarte“ vorzuziehen, für vorliegenden Zweck am besten das nach *E. Hammer*. Auch das nach *J. H. Lambert* hätte sich ebenso geeignet. Man sehe sich doch einmal recht genau die physische Ausgabe der beiden Planiglobenkarten der Erde an (jede 160×160 cm), die *H. Haack* entworfen hat.

Da die stereographische Karte die Winkel-treue für sich hat, d. h. nur in kleinsten Teilen und nicht über größere Flächen (!), gebührt ihr nach *Beyschlag* und *Ahlburg* der Vorzug. Von den flächentreuen Projektionen sagt ersterer, daß sie „die Form der Landumrisse wie die Richtung der Faltengebirgszüge unerträglich verzerren“. Nun gut, die Verzerrung muß in Kauf genommen werden, aber gegenüber der „Verzerrung der

Areale“ ist sie nicht unerträglich. Und es ist nicht bloß eine Vergrößerung der Flächen, sondern in der Tat eine Verzerrung, ja eine Übertreibung, wie *Emm. de Margerie* sagt⁷⁾, wenn z. B. die Randgebiete bei der stereographischen Projektion drei- bis sechsmal (vom Polarkreis aus äquatorwärts gerechnet) größer als die entsprechenden Mittelgebiete sind. Herrscht z. B. im Mittelpunkte der Karte ein Maßstab 1 : 600 000, so an der Peripherie einer von nahezu 1 : 3 000 000. Auch diesen Punkt hat *Ahlburg* ventiliert und trotzdem wirft er sich in die Arme der stereographischen Projektion, indem er besonders hervorhebt, daß auf flächentreuer Konstruktion die „alpinen Faltengebirgszüge völlig zerstört“ würden. Das ist mir nicht klar. Man mag nur diese Züge einmal auf *Haacks* Planiglobenkarte übertragen, dann wird man sicherlich zu einem andern Urteil gelangen. Richtig ist, daß am Rande der flächentreuen Karte die meridional streichenden Faltenzüge verlängert (im äußersten Falle 15 bis 20 %) und die äquatorial verlaufenden verkürzt sind (ebenfalls höchstens 15 bis 20 %); aber sie bleiben trotz allem flächengleich. Diese Verkürzung bzw. Verlängerung will man mit dem winkeltreuen Entwurf vermeiden und nimmt dafür lieber in Kauf, daß ganz ungebührliche Verlängerungen von der Mitte nach dem Rande der Karte zu erfolgen (bis 300 % und mehr), und daß die Randgebiete um rund 600 % zu groß gegenüber den mittleren Gebieten abgebildet werden und daß auf dem ganzen Kartenbild überhaupt kein richtiges Größenverhältnis herrscht, also kein Vergleich von Größe und Ausdehnung der Kettengebirgszüge möglich ist. Und sind diese Vergleiche für eine geologische Karte nicht wichtiger als die halbwegs richtige Schnitterichtung der Gebirgskette durch den Meridian! Aus allem dem geht hervor, daß die Anwendung der stereographischen Projektion für eine geologische Weltkarte großen Maßstabes einen wissenschaftlichen Rückschritt bedeutet, wie ich oben schon hervorgehoben habe.

Doch will ich nicht bloß kritisieren, sondern mich auch bemühen, Mittel und Wege zu zeigen, wie es besser zu machen ist.

Wenn die geologische Weltkarte tatsächlich eine Karte der ganzen Erde sein soll, muß sie in einem geschlossenen Rahmen auftreten, nicht als West- und Osthalbe, wodurch die Erdhülle zweimal zerschnitten wird. Am besten ist meiner Meinung nach in vorliegendem Falle das *Netz von Mollweide*, wie es in *Berghaus' Physikalischen Atlas* oder bei *Dacqué-Levy* angewendet ist, aufgeschnitten im 180. Meridian. Praktischer ist der 190° ö. L., der durch die Beringstraße läuft und Asien von Nordamerika scheidet. Gegen den Maßstab 1 : 5 000 000 ist bei der jetzi-

⁴⁾ Um die stereographische Projektion für die Halbkugelbilder in einem besseren deutschen Atlas zu sehen, muß man schon zu einer Ausgabe des großen Stielerischen Atlas zurückgehen, die gegen Mitte des vergangenen Jahrhunderts erschienen ist. Heute fristet die Projektion ihr Dasein bloß noch in projektionstechnischen Schriften.

⁵⁾ *Fr. Beyschlag*: Die großen geologischen Übersichtskarten. Zeitschr. für prakt. Geol. Berlin 1913, S. 378—383.

⁶⁾ *Joh. Ahlburg*: Die Geologische Karte der Welt im Maßst. 1 : 5 000 000. Der Geologe. Auskunftsbblatt f. Geologen u. Mineral. Leipzig 1913, S. 195—202.

⁷⁾ *E. de Margerie*: La carte géologique du monde. Rapport présenté au Congrès géologique International, le 7 août 1913. La Géographie XLVIII. Paris 1913, S. 389, Ann. 1.

gen allgemeinen geologischen Kenntnis nichts einzuwenden. Bei dem Mollweideschen Eirund wird der Äquator nach dem geförderten Maßstab rund 8 m lang und der mittlere Meridian 4 m, also die Gesamtkarte $\frac{1}{2}$ m kürzer in der Nord-südrichtung und 1 m kürzer in der Westostrichtung als die I. G. K. nach *Begyschlag*. Und wollte man die neue Weltkarte durchaus als Wandkarte aufhängen, dann könnte man ruhig im O und besonders im W des Eirundes abschneiden, ohne das geologische Gesamtbild der Erde wesentlich zu verletzen; denn die abgeschnittenen Teile fielen doch nur ins Wasser des Großen Ozeans. Die winzigen Inseln, die in Mitleidenschaft gezogen würden, wären bei dem sonst massigen Gesamtbild zu verschmerzen. Auf diese Weise wäre es möglich, sogar die westöstliche Ausdehnung von 8 m um 1 bis 2 m zu kürzen, was bei den Erdhalben in stereographischer Projektion vollständig ausgeschlossen ist. Die Schnittlinie durch den Pazifischen Ozean ist auch deshalb so günstig, weil nur geologisch belanglose Gebiete zerschnitten werden. Ferner bewahren die Kontinentalmassen noch einen gewissen Abstand von dem Rand des Bildes und bleiben infolgedessen von der vielleicht *etwas* unerträglichen Randverzerrung verschont. Ganz bedeutend gewinnen Europa und Afrika inmitten des Kartenbildes, und die kleine Längenverzerrung beider Kontinente, die für viele kaum wahrnehmbar ist, nimmt man gern in Kauf. Wohl zu beachten sind beim Mollweideschen Netz auch die gestreckten Parallelen, die den großen Vorteil bieten, daß die ostwestlichen Richtungen genau so wie auf dem Globus innegehalten werden, also sich naturgemäß verfolgen lassen.

Wichtig ist die Einteilung der Weltkarte in Sektionen, sowie deren Anzahl. Ich halte mich bei meinen Ausführungen an das, was *Begyschlag* auf einem der vier mittelsten Sektionsblätter bringen würde; denn von einem solchen Sektionsblatt muß bei der Bearbeitung der I. G. K. in der stereographischen Projektion ausgegangen werden, wenn eine einigermaßen einheitliche Arbeitsmethode auch für die anderen Blätter befolgt werden soll. Denn in der Mitte der stereographischen Projektion hat die kartographische Darstellung mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen, weil hier auf viel kleinerem Raum zu veranschaulichen ist, was sich in den Randgebieten auf vier- bis sechsmal größere Räume verteilt. Je eine der vier mittleren Sektionen umfaßt ungefähr 40 Grad in der Breite und 30 Grad in der Höhe, also rund 1200 Eingradfelder. Auf der äußerlich gleich großen Sektion 44 (alle Sektionen sind äußerlich gleich groß!), die in der Hauptsache Mitteleuropa umfaßt, werden nur ungefähr 600 Eingradfelder von dem Sektionsumriß

umschrieben. Wie hat man sich in der geologischen Kommission der I. G. K. die Bearbeitung so ungleicher Flächen vorgestellt? Kann da eine einheitliche Methode der Bearbeitung befolgt werden? Kann sodann diese Methode und später das fertige Bild einer tieferen wissenschaftlichen Kritik standhalten? — Meiner Überzeugung und Erfahrung nach darf bei einem so großen, wenn auch internationalen Werke nur die *gleiche* Methode überall walten; dazu gebraucht man, wenn ein in allen Teilen möglichst *gleichbürtiges* Bild erzeugt werden soll, *gleichgroße* Flächen. Das heißt mit anderen Worten: Die Sektion, in der Europa liegt, muß unbedingt dasselbe Areal besitzen wie die Sektion, in der sich Vorder- und Hinterindien ausbreiten. Nur unter dieser Voraussetzung ist eine gedeihliche *gleichmäßige* Arbeit gesichert — ganz gleich von welcher Sektion aus die Bearbeitung erfolgt — und ein wissenschaftlich befriedigendes *Ergebnis* gewährleistet.

Bei der Mollweideschen Karte wird — vorausgesetzt, daß wir eine mittlere Sektion der stereographischen Projektion als maßgebend gelten lassen — eine Sektion in der Höhe 30 Grad umfassen, in der Breite nicht ganz 40 Grad. Auf diese Weise ergeben sich für die gesamte Karte 56 Sektionen, je eine zu 66×80 cm. Es ist ein großes, aber immerhin noch brauchbares Blattformat. Das der I. G. K. ist etwas handlicher, 56×75 cm. Dagegen umfaßt sie im ganzen 80 Sektionsblätter. Darunter sind 8, die die Teilgebiete von 16 Randsektionen bringen, und zwar da, wo nur Bruchteile des Sektionsblattes von der Projektion angefüllt werden. Unter der gleichen Voraussetzung wie bei der I. G. K. verringert sich die Anzahl der Sektionen bei *Mollweide* noch um weitere 4, so daß im ganzen bloß 52 Sektionen notwendig sind. Die Einteilung in 52 Sektionen ist zweifelsohne praktischer und vorteilhafter als die in 80 Sektionen. Nicht allein, daß alle Gebiete in einem einheitlichen Maßstab dargestellt sind, werden bei dem Mollweideschen Entwurf auch Papier und Areal viel besser als bei der stereographischen Projektion ausgenutzt; denn bei der geologischen Weltkarte, wie sie bis jetzt geplant und eingeteilt ist, sind unter den 80 Sektionen rund 40, die geologisch belanglos sind, sozusagen „leere“ Karten; so wird tatsächlich nur Papier verschwendet. Dagegen bei der von mir vorgeschlagenen Projektion kommen bloß 10 Sektionen in Betracht, die geologisch nicht viel bieten.

Vielleicht ist es möglich, noch gut zu machen, was versehen ist, vielleicht ist es ein Segen, daß die Ausgabe der internationalen geologischen Weltkarte durch die Kriegswirren ins Stocken geraten ist.

Besprechungen.

Niggli, Paul, Gesteins- und Mineralprovinzen. Band I. Einführung. Zielsetzung. Chemismus der Eruptivgesteine, insbesondere der Lamprophyre, von P. Niggli und P. J. Beger. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1923. XVI, 602 S. und 202 Abb. 17 × 28 cm. Preis Gz. 36.

Die zeitliche und räumliche Verteilung der Gesteine und Mineralassoziationen in der Erdrinde ursächlich zu erkennen und die in ihr waltenden physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten aufzudecken, ist seit langem ein wichtiges Endziel der Petrographen und Geologen. Je mehr die Erkenntnis der Einzeltatsachen wuchs, je größer die ungeheure Fülle der Beobachtungen im Schrifttum aller Länder answoll, um so größer war aber auch für jeden, der verallgemeinernde Schlüsse zu ziehen versuchte, die Gefahr der Einseitigkeit und der Vernachlässigung großer Teile der gemachten Beobachtungen. So ergab sich die Notwendigkeit der statistischen Zusammenstellung der Erkenntnisse. H. Rosenbuschs Werke über die Mikrographie der Eruptivgesteine, die Analysenzusammenstellungen und Verarbeitungen von Justus Roth, A. Osann und H. S. Washington berücksichtigten nur Teile des Gesamtgebietes, ebenso H. E. Boekes „Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie“. Zahlreiche mehr oder minder gelungene Mineraltopographien verschiedener Länder und Lagerstättenwerke behandelten vorzugsweise schöne und bedeutende Mineralfunde, Erze oder sonstige nutzbare Mineralien. Aber das bedeutete alles immer wieder nur Teillösungen. Entweder war der zugrunde liegende Gesichtspunkt zu eng, oder aber der verfügbare Stoff zu begrenzt. Niggli's Werk soll nicht Halt machen, wenn der Chemismus oder die Mikrographie oder die Mineralogie der Gesteine behandelt ist, oder soll sich nicht beschränken auf die als „Gesteine“ bezeichneten weltweit verbreiteten Mineralassoziationen, oder auf solche Mineralien, die dem Menschen Nutzen bringen: er will alle Gesteins- und Mineralassoziationen der Erdrinde nach allen Gesichtspunkten regional und temporal unter Berücksichtigung der geologischen Verknüpfung vergleichen, statistisch übersichtlich darstellen und so versuchen, die obwaltenden physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten. Er will, um es kurz zu sagen, die *Physiologie der festen Erdrinde* darstellen.

Dieses Wissenschaftsgebiet steht als die „Lehre von den Mineralgesellschaften und Mineralagerstätten“ in weitestem Umfang gleichartig der Lehre von den homogenen mineralischen Einzelorganismen, der eigentlichen Mineralogie, gegenüber. Umfassend wurde diese Wissenschaft von den Mineralgesellschaften und den Mineralagerstätten bisher noch nicht behandelt. Teile von ihr sind Gesteinskunde und Erzlagerstättenlehre. Die Aufgabenkreise dieser umfassenden „*Minerocönologie*“ präziert der Verfasser folgendermaßen:

1. Analytische Untersuchung der Mineralgesellschaften in qualitativer und quantitativer Hinsicht, zum Teil unter Berücksichtigung statistischer Methoden.
2. Studium des Vorkommens und der Verbreitung der Mineralgesellschaften. Chronologische und topographische Lagerstättenlehre.
3. Studium der Entstehung der Mineralagerstätten und der Beziehungen der einzelnen Mineralarten zueinander. Innere Korrelationslehre.
4. Studium der Beziehungen der Mineralgesellschaften

ten zueinander vom provinziellen und allgemein genetischen Standpunkte aus. Äußere Korrelationslehre.

5. Ausarbeitung einer allgemeinen minerocönologischen Systematik.

Diese Aufgaben stellen zugleich das Programm des mehrbändig gedachten Werkes dar, von dem der erste Band nun hier vorliegt.

Nach einer Einleitung werden im zweiten Abschnitt die Umrisse der Problemstellung skizziert und eine erste Übersicht über die mineralbildenden Prozesse und die Mineralagerstätten gegeben. Als Beispiel, wie sich Verf. die Behandlung des Gegenstandes denkt, werden im dritten Abschnitt einige ausgewählte gut bekannte *magmatische Gesteins- und Mineralprovinzen* vorweggenommen. Es ergibt sich dabei Gelegenheit, die eigenartige und neuartige Untersuchungsweise und Beschreibungsmethodik des Verf. kennen zu lernen. Von *magmatischen Gesteinsprovinzen* werden gewählt das Gotthardmassiv in der Schweiz und das Kristiania-gebiet in Norwegen. Gegensätzliche chemische und mineralogische Beziehungen lassen den Begriff der provinziellen Verwandtschaft aller Gesteine eines Gebietes schärfer hervortreten. Es werden bereits Hinweise gegeben auf tiefere Zusammenhänge zwischen Magmenaufwärtsbewegung, Abkühlung, Differentiation und Kristallisation. Es wird bereits hier als ein zwar nicht neues, aber in den letzten Jahren stets schärfer erkanntes Gesetz formuliert: *Die Verwandtschaft der Gesteine einer magmatischen Provinz ist eine Blutsverwandtschaft; die Differentiation ist eine durch äußere Umstände (Temperaturgefälle, Druckgefälle, Gravitation) bedingte Sonderung der auskristallisierenden festen Phasen.* Noch tiefer in die Erdphysiologie dringen die Beziehungen ein zwischen magmatischer Aktivität und allgemeiner Erdtektonik. Sie sind gleichfalls schon lange als in einem gewissen Zusammenhang stehend erkannt, aber es fehlte die Grundlage hierzu, ein wirklich eingehender Vergleich der verschiedenen magmatischen Provinzialtypen.

Ähnlich wird ein Beispiel der magmatischen Mineralagerstätten behandelt. Hier interessiert vor allem des Verf. Art, die Mineralvergesellschaftungen quantitativ zu erfassen. Auch die kristallographische Ausbildung der Mineralien als Ausdruck physikalisch-chemischer Bildungsbedingungen wird zahlenmäßig zu erfassen gesucht.

Ein ganz besonders wichtiges Kapitel ist aber die Darstellung der *bauschaltchemischen Verhältnisse der Gesteine*. Hier bespricht Verf. ausführlich eine schon aus seinen früheren Arbeiten bekannte schaubildliche Darstellungsart des Chemismus eines Gesteins, die gleicherweise auf Eruptivgesteine, Sedimente und metamorphe Gesteine angewandt werden kann, und die gestattet, rasch und einfach Hunderte von petrographischen Provinzen chemisch miteinander zu vergleichen. Hier berührt Niggli eine große Schwierigkeit der Gesteinskunde: die Vergleichung des aus der Bauschanalyse sich ergebenden rechnerischen oder „*normativen*“ mit dem wirklichen oder „*modalen*“ Mineralbestand. Das eigentliche hier dahinter steckende Problem wird auch sofort schon an dieser Stelle diskutiert: das ist die Frage nach einer *natürlichen Klassifikation der Gesteine* oder die Überbrückung der von allen Forschern betonten Inkongruenz zwischen mineralogischer und chemischer Klassifikation. Eine radikale Änderung der Nomenklatur scheint dem Verf. heute unmög-

lich zu sein. Er befürwortet nur die Einführung eines mehr „hierarchischen“ Prinzips, also einer Art Doppelnamen, und im Verein damit will er gewissen Namen eine sinngemäß erweiterte oder eingeeengte Bedeutung verleihen. Die Grundlage der Systematik soll chemisch sein, und die Einteilung soll eine solche in *Magmentypen* sein. Dabei behält der eigentliche Gesteinsname seinen mineralogischen Inhalt, aber zu seiner genaueren Präzisierung gehört eine Magmenbezeichnung. Beispiele: engadinitischer Biotitgranit, normalgranitischer Augitgranit, ijolithischer Ijolith. Da im zweiten Band des Werkes nach Behandlung der magmatischen Gesteinsprovinzen auf diese Frage noch einmal genauer eingegangen wird, soll die Besprechung dieses äußerst wichtigen Punktes dann ausführlicher geschehen.

Das fünfte Kapitel endlich bringt einen Überblick über die hauptsächlichsten Magmentypen und über die silikatischen Eruptivgesteine, gegliedert nach der vom Verf. schon früher vorgeschlagenen Dreiteilung, Kalkalkalireihe, Natronreihe, Kalireihe. Es ist hier eine außerordentliche Fülle von Material auf kürzestem Raum zusammengedrängt. Zahlreiche Zahlentafeln erläutern den Chemismus und einige Schaubilder der chemischen und Verwandtschaftsverhältnisse. Den Schluß bildet die summarische Zusammenfassung der Mittelzahlen und ihre Darstellung in Differentiationsdiagrammen, ferner die Anleitung zur Berechnung der Norm eines Gesteins (der „Standardminerale“).

Damit schließt Verf. die Einführung in das Werk ab, die in einer etwas ungewöhnlichen essayistischen Art dargeboten wird. Es läßt sich nicht verkennen, daß ein streng systematischer geschlossener Aufbau des ersten Bandes fehlt. Der Verfasser betont aber selbst, daß es ihm nur dann möglich war, die nächsten Bände einheitlich und geschlossen darzustellen, wenn er zunächst eine Reihe nur lose miteinander zusammenhängender Begriffe und Berechnungsmethoden vorweg bringt. Das erzeugt sogar ein gewisses unbefriedigtes Gefühl beim Lesen des Buches, denn fort und fort möchte man viel mehr und viel eingehender das wissen, was Verfasser nur andeutet. Der Verfasser möge aber dieses Unbefriedigtsein zu seinen Gunsten deuten, denn es entspringt dem lebhaftesten Wunsch, die oft sehr kühnen und weittragenden Folgerungen des Verfassers im Zusammenhange in geschlossenerem Aufbau und in systematischer Anordnung ausführlich dargestellt zu sehen. An dieser Form der Einleitung mag es auch liegen, daß manchmal Literaturhinweise hier noch nicht gebracht werden. Der Handbuchcharakter des Buches, die erdrückende Fülle der Einzelheiten und die weitreichenden Schlüsse, die daraus gezogen werden, verlangen eine möglichst lückenlose und sorgfältige Angabe aller Quellen.

Eine Art Zwischenstellung nimmt der folgende Teil VI ein, der die Seiten 217—582 umfaßt. Er ist von J. P. Beger (Tübingen) verfaßt und behandelt den *Chemismus der Lamprophyre*. Teils ist dieser Abschnitt noch als Beispiel der Behandlung des Chemismus einer Gesteinsgruppe gedacht, sein großer Umfang und die eingehende Bearbeitung lassen ihn aber schon als einen Teil des eigentlichen Hauptwerkes, außerhalb der Einleitung erscheinen. Als Lamprophyre werden heute gewöhnlich gangförmige Nachschübe oder Schlieren und Randfaziesbildungen in Intrusivgesteinen zusammengefaßt, die chemisch in einem gewissen polaren Gegensatz zu den geologisch gleicherweise auftretenden Apliten stehen, indem in ihnen die Al-freien Kerne gegenüber den feldspatbildenden Kernen und dem Quarz

bedeutend angereichert sind. Ihre gesonderte Behandlung hat einmal eine gewisse allgemeine Bedeutung für die Differentiationsprozesse im Magma überhaupt. Aus dem chemischen Gegensatz der lamprophyrischen Schlieren und Gänge zu ihrem Tiefengestein hat man von jeher, und mit Recht, auf ähnliche Sonderungsprozesse innerhalb größerer Magmenräume geschlossen. Ferner stellt die Gesamtheit der Lamprophyre eine Gesteinsgruppe dar, in der viele Glieder zwar gleichen Chemismus, aber ganz verschiedene Mineralzusammensetzung oder Struktur haben, so daß die gegenseitigen Beziehungen zwischen diesen drei Faktoren an ihnen genau verfolgt werden können. Auch das Umgekehrte kommt öfters vor.

Endlich ist vor allem durch frühere Arbeiten Beger selbst bei ihnen eine Reihenvermischung nachgewiesen, d. h. geologisch zusammengehörige Glieder gehören chemisch und mineralogisch teils einer Alkali-, teils der Kalkalkalireihe an. Eine nach der Nigglichschen Berechnungsweise durchgeführte Untersuchung der Lamprophyre war somit der stärkste Prüfstein für die Berechnungsweise sowohl, als auch für die von Niggli angegebene Klassifikation in die drei Reihen. J. P. Beger hat nun in einer außerordentlich fleißigen und mühevollen Studie alles zusammengetragen, was von anderen und von ihm selbst über den Chemismus der Lamprophyre gearbeitet wurde, hat das Material kritisch gesichtet, es nach Nigglis Methode umgerechnet und passend gruppiert. Es werden zunächst die einzelnen Lamprophyarten gruppenweise zusammengefaßt und in ihren chemischen Verhältnissen charakterisiert, sodann die chemischen Beziehungen untereinander diskutiert. Stets wurde das ungeheure Zahlenmaterial in anschaulichen Kurven dargestellt. Außerordentlich wichtig sind die vielen Häufigkeitskurven. Das wichtigste Ergebnis ist, daß die gebräuchlichen Einzelnamen innerhalb der Lamprophyre: Minette, Kersantit usw. nicht einem chemischen Typus, sondern nur einem mineralogisch-strukturell scharf definierten Typus entsprechen, neben dem geologisch-genetischen Moment natürlich, das überhaupt im Begriff „Ganggestein“ liegt. Jede Einzelgruppe aber hat eine große chemische Variationsbreite. Die mittlere Zusammensetzung aller Lamprophyreihen ist fast gleich, und zwar entspricht sie dem gabbrodioritischen Magmentypus. Sehr wichtig sind auch die Vergleiche der lamprophyrischen Randfazien mit den eigentlichen Lamprophyrgängen. Erstere sind im allgemeinen wesentlich saurer als das Mittel der Gänge. Ihre mineralogisch-strukturellen Eigenschaften als Ausdruck der physikalisch-chemischen Verhältnisse bei der Erstarrung sind wesentlich andere, so daß Verf. den Namen „lamprophyrisch“ bei den Schlieren und Randfazies ganz vermeiden, und durch „basisch“ ersetzen möchte. Der Untersuchung der einzelnen Typen schließt sich die regionale Bearbeitung der einzelnen petrographischen Provinzen an. Jede Provinz wird nach den chemischen Eigentümlichkeiten charakterisiert, und es stellte sich heraus, daß trotz aller verwandtschaftlichen Beziehungen mit anderen Provinzen doch jede Provinz ein Individuum für sich ist mit bestimmten individuellen Charakteren. Was nun den Gang der Differentiation anlangt, durch den sich aus einem Magma lamprophyrische Gesteine abspalten können, so entspricht er völlig der durch Bowen heute zur Herrschaft gelangten *gravitativen Kristallisations-Differentiation*, unter Berücksichtigung der Wiederauflösung der zu Boden gesunkenen Kristalle und unter Mitbeteiligung leichtflüchtiger Bestandteile, die leichtbewegliche Additionsverbindungen bilden.

Aufs beste vermag diese Differentiationstheorie die auffällige Einheitlichkeit aller Lamprophyre zu erklären. — Jeder Petrograph wird J. P. Beger dankbar sein für die ausgezeichnete Untersuchung, für die Sichtung und bequeme Darbietung eines ungeheuren Tatsachenmaterials, für die Klärung mancher schiefer Auffassungen, für die jetzt eine statistisch-quantitative Grundlage gelegt ist. Auch wenn der eine oder andere Spezialforscher nicht allen seinen Schlüssen zustimmen wird, ist der bleibende Wert der Arbeit gesichert. Im Rahmen des Nigglichschen Werkes aber bedeutet das Begerische Lamprophyrkapitel mehr: es gibt uns einen Vorgeschmack von der Behandlungsweise der anderen Gesteinstypen und Mineralassoziationen und ihres provinziellen Verhältnisses, und wahrlich keinen schlechten!

H. Schneiderhöhn, Gießen.

Deecke, W., Die Fossilisation. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1923. VI, 216 S. 16x25 cm. Preis Gz. 6.

Seitdem das biologische Denken in der Paläontologie eine immer anwachsende Bedeutung erhalten und die rein systematisch-morphologische, klassifizierende Arbeitsrichtung nebst der chronologischen Betrachtungsweise der Fossilien ihre dominierende Stellung in der Paläontologie eingebüßt hat, sind naturgemäß auch alle Fragen und Probleme in den Vordergrund des Interesses gerückt worden, die sich mit der Stellung der fossilen Organismen im Rahmen ihrer einstigen Umwelt beschäftigen. Dazu gehören nun nicht allein die Verfolgung aller Fragen, die die Klärung der Beziehungen des einst lebend gewesenen Organismus zu seiner einstigen Umwelt betreffen, sondern auch alle jene Probleme, die auf die Schicksale des *verendeten* und *fossil* gewordenen Lebewesens Bezug nehmen. Schon vor einer Reihe von Jahren habe ich, und seither immer wieder, auf die Notwendigkeit hingewiesen, auf das sorgfältigste jene Prozesse zu verfolgen, die vom Momente des Todes eines vorzeitlichen Lebewesens bis zu seiner heutigen Gestalt als „Fossil“ führen oder geführt haben. Vielfach sind in früherer Zeit die drei sehr verschiedenen Dinge: Lebensort, Todesort und Begräbnisort eines fossil gewordenen Lebewesens miteinander verwechselt worden und diese Verwechslungen haben zu sehr folgenschweren Irrtümern in der Beurteilung der Beziehungen der fossilen Lebewesen zu ihrer einstigen Umwelt geführt.

Es muß daher jeder Versuch, in das Problem der Fossilwerdung der Organismen tiefer hineinzuleuchten, mit Freude begrüßt werden. Obwohl es sich dabei zum Teil um Fragen handelt, die schon seit dem Beginn einer wissenschaftlichen Erforschung der vorzeitlichen Lebewesen aufgerollt und verfolgt worden sind, so hat es doch bis jetzt an einer übersichtlichen Zusammenstellung und einheitlichen methodologischen Behandlung derselben gefehlt. Diese Lücke sucht das vorliegende Buch auszufüllen und es ist sehr dankenswert, daß der Verfasser, dem ausgebreitete Kenntnisse auf diesem Gebiete zur Verfügung stehen, sich dieser Aufgabe unterzogen hat, die keineswegs eine leichte genannt werden kann.

Der Stoff des Buches erscheint in folgende Abschnitte gegliedert: Wesen der Fossilisation; Normale Veränderungen während und nach dem Absterben; Besondere, auf die Fossilisation günstig einwirkende Umstände; Für die Fossilisation ungünstige Bedingungen; Die Umsetzungen; Die Erhaltungsformen; Die Versteinerungsmittel; Häufigkeit der Fossilien; Über die Lage der Fossilien im Gestein; Mechanische Veränderungen der Fossilien im Gestein; Sammeln und Präparieren; Rekonstruktionsmethoden.

Der Verfasser betont im Vorworte, daß seine Schrift nicht für seine Fachgenossen bestimmt ist, sondern für die werdenden. Ich möchte jedoch, ohne mich von der Kategorie der „werdenden“ auszuschließen (denn jeder Forscher, der nicht vorzeitig senil verknöchert, bleibt bis an sein Lebensende ein lernender), hervorheben, daß dieses Buch ganz besondere Wichtigkeit für alle Fachgenossen besitzt, wenn auch zweifellos dies und das dem erfahrenen Fachgenossen geläufig sein dürfte. Vieles ist ja allerdings noch recht ungeklärt, steht noch mitten in der wissenschaftlichen Diskussion oder läßt sich doch auch von anderen Gesichtspunkten aus betrachten, als sie der Verfasser einnimmt. Aber dadurch wird der Wert des Buches in keiner Weise beeinträchtigt. Gerade in der übersichtlichen Zusammenstellung der verschiedenen, wenn auch zum Teil noch recht diskussionsbedürftigen Fragen aus dem Gesamtgebiete des Fossilisationsprozesses wird zweifellos das Interesse für diese Fragen in Fachkreisen von neuem angefaßt werden. Darin liegt ja aber der Wert einer solchen synthetischen Arbeit: zu erneuter Forschung und zu erneuten Lösungsversuchen verschiedener, noch nicht befriedigend gelöster Probleme anzuregen.

Ich kann nicht verschweigen, daß ich in manchen Einzelheiten, wie bezüglich der Frage der Rekonstruktionsmethoden fossiler Tiere anderer Meinung bin als mein verehrter Kollege. Vielfach handelt es sich aber dabei um bloße Mißverständnisse. Dies betrifft z. B. die Bemerkung (S. 199), daß meine Methode, ein fossiles Tier so lange „umzuzeichnen“, bis es einigermaßen „wahrscheinlich“ aussieht, als eine verkehrte anzusehen sei. Ich fürchte, daß zu dieser Bemerkung eine mißverstandene Äußerung meinerseits Veranlassung gegeben haben könnte; nicht die wiederholte „Umzeichnung“ an und für sich sehe ich als einen Weg dazu an, allmählich zu einer richtigeren Vorstellung von dem Aussehen eines fossilen Tieres zu gelangen, sondern durch die wiederholte zeichnerische Festlegung der Anschauungen, die ein Forscher von dem Aussehen und der Körperhaltung usw. eines fossilen Lebewesens hat, muß er eben zur deutlicheren Erkenntnis der Fehler gelangen, die einer unfertigen Rekonstruktion noch anhaften, und die man dann allmählich zu beseitigen imstande ist. Aber dies ist eine Nebensächlichkeit. — Das Buch ist auffallend frei von Druckfehlern und sonstigen Übersehen, was von einer sehr gründlichen Behandlung und Verarbeitung des Stoffes zeugt. Daß sich auch bei größter Sorgfalt immer da und dort ein böser Lapsus calami einschleichen kann, weiß jeder von uns, und wenn ich nur flüchtig erwähnen möchte, daß ein solcher Lapsus die zweimalige (S. 24 und 192) Erwähnung eines Fundes von *Elasmotherium* im Erdwachs von Starunia in Ostgalizien ist (es handelt sich um den Kadaver eines wollhaarigen Nashorns, nicht um *Elasmotherium*), so liegt es mir durchaus fern, bei dieser Gelegenheit etwa hervorheben zu wollen, daß der Verfasser da und dort eine Kleinigkeit übersehen hat. Überhaupt ist es eine in der letzten Zeit sich immer mehr verbreitende Unsitte geworden, die Position des Referenten dahin auszunützen, um die eigene vermeintliche Überlegenheit oder den eigenen vermeintlichen Kenntnisreichtum im Vergleiche zu dem referierten Buche eines Autors bei dem Leser in besonders helles Licht zu setzen. Ich möchte mich an dieser leider verbreiteten Geschmacklosigkeit nicht beteiligen. Durch ein solches Vorgehen wird ja doch der Wert eines Buches in den Augen des Publikums herabgesetzt. Das möchte ich

gerade in diesem Falle vermieden wissen und nachdrücklich meiner Freude darüber Ausdruck geben, daß wir nun zum erstenmal eine Zusammenstellung aller die Fossilisation betreffenden Fragen besitzen, deren Erörterung sicher dazu beitragen wird, der Paläo-

biologie neue Freunde und Schüler zu gewinnen, die mithelfen, die von Tag zu Tag anwachsenden Probleme, die mit dem Leben und Sterben der fossilen Lebewesen zusammenhängen, in möglichst großer Zahl ihrer Lösung näher zu bringen.
O. Abel, Wien.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Gleichzeitige atmosphärische Störungen in der drahtlosen Telegraphie. Die atmosphärischen Störungen in der drahtlosen Telegraphie werden nach den Geräuschen, die sie im Fernhörer hervorrufen, gewöhnlich in Krachgeräusche, scharfe Knacker und Brodeln eingeteilt, von denen bisher nur die durch die Blitzentladungen hervorgerufenen Krachgeräusche, soweit sie von Nahgewittern herrühren, nach ihrer Herkunft sicher erkannt werden konnten, während der Ursprung der anderen Störungen noch unbekannt ist.

Zur Erkenntnis der Natur der atmosphärischen Störungen war es nun wichtig zu wissen, ob die Störungen, abgesehen von den durch Blitzentladungen hervorgerufenen, an verschiedenen Orten verschieden sind oder ob sich dieselben Störungen an zwei entfernten Orten nachweisen lassen. Das Telegraphentechnische Reichsamt hat zu diesem Zweck umfangreiche Beobachtungen angestellt, an denen sich das Physikalische Institut der Universität Hamburg, die luftelektrische und drahtlose Versuchsstation in Gräfelting b. München sowie die Empfangsstation Riverhead (Long Island) der Radio Corporation of America beteiligt haben. Die Beobachtungen sind in der

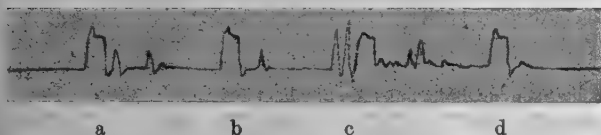
den Ausschläge sind Störungen; ihre Übereinstimmung ist einwandfrei zu erkennen. In derselben Weise ist es gelungen, gleichzeitige Störungen in Strelitz und Riverhead (Amerika), also auf eine Entfernung von 6400 km, festzustellen. Durch die Versuche ist nachgewiesen worden, daß die funkentelegraphischen Störungen Gebiete bedecken und Entfernungen überbrücken, die weit größer sind, als man bisher angenommen hat.

Nähere Angaben über die Beobachtungsmethode und die Ergebnisse finden sich in den Abhandlungen von M. Bäumlner „Das gleichzeitige Auftreten atmosphärischer Störungen“ im Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telefonie, Bd. 19, 1922, Heft 2; Bd. 20, 1922, Heft 6 und Band 23, 1923, Heft 1.

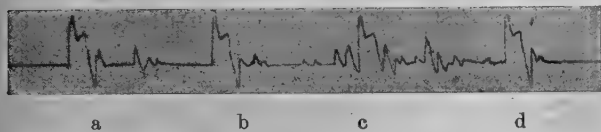
K. W. Wagner.

Die Wasserbilanz in Nährlösung, Salzlösung und Hochmoorwasser ist der Gegenstand experimenteller Untersuchungen von C. Montfort (Zeitschr. f. Bot. 14, 1922). Den Ausgangspunkt bildeten Versuche, bei denen Individuen von *Zea Mays*, *Impatiens parviflora* und *Phaseolus vulgaris* in Nährlösung verbracht und Transpiration (durch Gewichtsverlust) und Wasseraufnahme (durch Potometerablesungen) quantitativ bestimmt wurden. Entgegen den Angaben früherer Autoren konnte festgestellt werden, daß bei mittleren atmosphärischen Bedingungen der Transpirationskoeffizient T (Transp.): A (Aufnahme) weit größer ist als 1, daß also ein Defizit vorhanden ist, dessen Größe von den Außenbedingungen in hohem Maße abhängig ist. Durch Förderung der Transpiration (Trockenheit) kann es gesteigert, durch Hemmung der Assimilation (sehr feuchte Luft) herabgesetzt werden. Setzt man bei konstanten Außenbedingungen die Wasseraufnahme durch Verbringen der Objekte in starke konzentrierte Salzlösung herab, dann geht auch die Transpiration zurück. Da aber die Hemmung der Aufnahme derjenigen der Abgabe voranellt, so tritt häufig ein Welken der Versuchspflanzen ein. Anschließend daran wendet sich Montfort der Frage nach der Wasserbilanz in Hochmoorwässern zu. Er gelangt, wie schon früher von anderer Seite aus, zu einer ablehnenden Beurteilung der Schimper'schen Theorie der physiologischen Trockenheit der Moore¹⁾. Aufenthalt in Sphagnumwasser, der mehrere Stunden bis 2 Tage andauerte, vermochte die Wasseraufnahme nicht herabzusetzen. Das tatsächliche Vorkommen von typischen „Xerophyten“ — wohlgerichtet aber stets im Verein mit Hygrophyten — im Hochmoor erfordert eine andere Erklärung. Möglicherweise liegt der Schlüssel für dieses seltsame Verhalten darin, daß diese Xerophyten Frühjahrspflanzen oder immergrüne Objekte sind, die also zu einer Zeit gedeihen, wo der Boden noch gefroren, die Wasseraufnahme demnach aus anderen Gründen erschwert ist. Orientierende Versuche über die Wasserbilanz der Salzpflanzen ergaben, daß anscheinend auch die ebenfalls von Schimper verfocht-

Gräfelting



Strelitz



Störungen in Strelitz und Gräfelting am 19. Okt. 1922 um 9^h a. m.

Weise ausgeführt worden, daß die Störungen zusammen mit den funkentelegraphischen Zeitzeichen von Lyon und Eiffelturm auf zwei Beobachtungsstellen mit gleichen Empfangsapparaturen aufgenommen und mit dem in der Kabeltelegraphie gebräuchlichen Heberschreiber aufgezeichnet worden sind. Die Zeitzeichen dienten dabei als Zeitmarke, damit gleichzeitige Störungen festgestellt werden konnten. Durch längere Beobachtungen ist der einwandfreie objektive Nachweis erbracht worden, daß die scharfen Knacker auf sehr großen Entfernungen gleichzeitig auftreten. Zwischen der Versuchsfunkstelle des Telegraphentechnischen Reichsamts in Strelitz und Gräfelting konnten 98 v. H. der geschriebenen Knackstörungen als gleichzeitig festgestellt werden. In der obenstehenden Figur ist der Ausschnitt eines Streifenpaares von zwei Aufnahmen in Strelitz und Gräfelting dargestellt. Die Zeitmarken befinden sich bei a, b, c und d. Die dazwischen liegen-

¹⁾ Nach Schimper soll das Hochmoorwasser hemmend auf die Wasseraufnahme wirken.

tene, physiologische Trockenheit der Salzböden nicht zu Recht besteht. Das Auftreten von „Salzlaugen“ auf den Blättern und Transpirationsversuche weisen darauf hin, daß auch hier, wie bei den Hochmoorpflanzen, ein normaler Wasserzustrom stattfindet. Doch sollen hierüber noch weitere Untersuchungen Aufschluß geben.

Stark.

Hitzewellen und heiße Winde in Nordamerika. Die Hitzewellen, die in manchen Sommern über weite Teile der Vereinigten Staaten hinweggehen und sich besonders in den großen Städten unangenehm bemerkbar machen, sind als eine Eigentümlichkeit des nordamerikanischen Klimas auch in Deutschland ziemlich allgemein bekannt. Trifft eine solche Hitzeperiode mit kühler Witterung bei uns zusammen, dann taucht häufig in den Tageszeitungen die durchaus irrige Vermutung auf, auch wir bekämen in absehbarer Zeit diese Hitzewelle. In diesem Zusammenhänge kann ein Aufsatz von R. de C. Ward¹⁾ größeres Interesse beanspruchen; der zwar dem Meteorologen nichts Neues bringt, aber doch in ansprechender Form für einen größeren Leserkreis die bisher in einer weit zerstreuten Literatur behandelten Vorgänge beim Auftreten der Hitzewellen und der heißen Winde erörtert, und ich komme gern einem Wunsche der Redaktion nach, hier kurz darüber zu berichten.

Wenn auch der Begriff einer Hitzewelle nicht besonders scharf umrissen ist, so läßt sie sich vielleicht am ehesten noch als eine Periode von 3 oder 4 Tagen definieren, an denen die höchsten Temperaturen 32° C überschreiten. Die Höchstwerte unterscheiden sich also von den bei uns auftretenden heißen Tagen nicht so sehr. Die erwähnten Zeitungsmeldungen übersehen aber manchmal, daß es sich bei den aus Amerika übermittelten Temperaturgraden um Angaben der Fahrenheitskala handelt. Was die Hitze besonders unangenehm macht, ist die geringe Abkühlung in der Nacht. In manchen Jahren folgen auch mehrere Hitzeperioden unmittelbar aufeinander, so daß die Hitze fast ohne Unterbrechung zwei oder drei Wochen über dem Lande lasten kann. Juni bis September sind die Hauptmonate ihres Auftretens, besonders bevorzugt ist der Juli. Die Entstehung ist gut geklärt. Es handelt sich dabei um einen von Süden kommenden warmen Luftstrom, der einer flachen Depression an der Nordgrenze der Vereinigten Staaten zuströmt (warmer Sektor). Die Hitzewelle kann sich besonders gut entwickeln, wenn das ganze Windsystem stationär wird oder sich nur langsam ostwärts bewegt. Daneben wird bei geringer Bewölkung die anhaltende Einstrahlung eine große Rolle spielen. Die einzelnen Teile der Vereinigten Staaten leiden in verschieden starkem Maße unter den Wärmewellen. Am intensivsten treten sie in den „Großen Ebenen“ auf, wo sie bei geringer Feuchtigkeit die extremsten Temperaturen erreichen. Die Nächte dagegen eine etwas stärkere Abkühlung bringen. Im Osten wird das körperliche Unbehagen besonders durch die höhere relative Feuchtigkeit gesteigert. Verhältnismäßig begünstigt sind noch die Nordoststaaten, da hier die auf der Rückseite der Depressionen einströmenden kühleren Luftmassen die Hitzeperiode zeitweise unterbrechen.

¹⁾ Hot waves, hot winds and chinook winds in the United States. The Scientific Monthly XVII, 146—167, 1923.

Der wirtschaftliche Schaden wird immer als sehr groß geschildert. Nicht allein die anhaltende Trockenheit, sondern auch die ausdörrende Hitze wirkt verheerend. Eine Minderung der Ernte um 20 bis 30 % kann die Folge sein. Die körperlichen Schädigungen äußern sich in Hitzschlägen und in tödlichen Erkrankungen bei kleinen Kindern. Bei einer Hitzewelle, die nach dreiwöchiger Dauer am 22. August 1896 endete, wurden 2036 Todesfälle durch Hitzschlag nachgewiesen; vermutlich erreichte die Zahl der wirklichen Schädigungen aber mehr als 12 000. Phillipps, der diese Hitzeperiode näher untersucht hat, machte die Luftfeuchtigkeit weniger für die Hitzschläge verantwortlich, sondern stellt die These auf, daß Hitzschlag nur dann auftritt, wenn die Temperatur die Grenze überschreitet, die der Betroffene gewöhnt ist, d. h. die Hitzschlaggefahr soll in dem Maße zunehmen, als die Mitteltemperatur des betreffenden Tages die zugehörige mittlere maximale Temperatur überschreitet. Gegen diese Ansicht spricht, daß Hitzschläge im Südwesten bei viel höheren Temperaturen fast ganz fehlen.

Die großen Ebenen am Osthang des Felsengebirges werden zu den Zeiten der Wärmewellen in den Monaten Juli und August noch durch besonders heiße Winde heimgesucht, die von vielen Beobachtern mit dem Gluthauch einer Esse verglichen werden und die Temperaturen von 38 bis 43° im Schatten mit sich bringen. Glücklicherweise treten diese Winde nicht über große Flächen, sondern nur in schmalen Streifen auf, die durch Gebiete mit niedrigeren Temperaturen unterbrochen werden. Auch sind sie meist nur von kurzer Dauer, können sich aber mehrfach hintereinander wiederholen. Für die Ernte sind sie eine wahre Landplage. In einem Fall wurden 10 Millionen Bushel Getreide vernichtet, in einem anderen sprangen die Eisenbahnschienen infolge der Ausdehnung. Obst kann buchstäblich an den Bäumen gedörrt werden. Ihrer Entstehung nach dürften sie als Föhnwinde aufzufassen sein, und ihre außerordentliche Trockenheit und Wärme sind dann dynamisch als Folge des Herabsinkens der Luft von den Höhen des Felsengebirges bedingt.

In den Staaten Montana, Wyoming und südwärts bis nach Colorado hinein werden Winde ähnlicher Natur mit dem Namen „Chinook“ belegt. Er wurde zuerst in Astoria, einem Posten der Hudsonbay company, angewandt für einen warmen, aber feuchten SW-Wind, der aus der Gegend der Mündung des Columbiaflusses herwehte, wo der Indianerstamm der Chinook wohnte. Später ging diese Bezeichnung auf die warmen, aber trockenen Winde im Osten des Felsengebirges über. Der Chinook, der in schönster Ausbildung im Westen weht, ist von hoher wirtschaftlicher Bedeutung, denn als „Schneefresser“ bringt er eine Schneedecke von 30 cm Höhe in kurzer Zeit zum Verschwinden und ermöglicht in jenen Gegenden winterliche Viehweide. Trotz der raschen Schneeschmelze kommt es wegen der großen Verdunstung nicht zu stärkeren Überschwemmungen. Ein anderer bekannter Föhnwind ist der „Norther“. Er weht von Norden her in das Tal von Kalifornien von den Siskiyou-Bergen herab. Die auch vom Alpenföhn bekannte Wirkung auf das menschliche Gemüt soll so stark sein, daß man früher einem Mörder mildernde Umstände zubilligte, wenn er seine Tat nach einem Streite während des Auftretens des Norther begangen hatte.

Knoch.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 39. (Seite 801–816.) 28. September 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über die Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen: ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchssinnes der Insekten. Von **Albrecht Hase**, Berlin-Dahlem. S. 801.

Ansichten zur Kristallstereochemie. Von **Friedrich Rinne**, Leipzig. (Mit 1 Abbildung.) S. 806.

Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die ultraviolette Sonnenstrahlung. Von **R. Dietzius**, Wien. S. 808.

Besprechungen:

Krische, Paul, Das Kali. Die Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung. 1. Teil. Von **K. Kubierschky**, Eisenach. S. 811.

Arndt, Kurt, Handbuch der physikalisch-chemischen Technik. 2. Auflage. Von **I. Koppel**, Berlin-Pankow. S. 812.

Deite, C. F., und J. Kellner, Das Glycerin. Von **W. Connstein**, Berlin. S. 813.

Gesammelte Abhandlungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie aus den Jahren 1920 bis 1922. Von **H. Freundlich**, Berlin-Dahlem. S. 814.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Zur Auffassung des Raumbegriffes. Von **Max Faerber**, Berlin-Charlottenburg. S. 814.

Astronomische Mitteilungen. S. 815–816.

Die Leuchtkraftfunktion bei Sternhaufen und Milchstraßenwolken. Beobachtungen der Milchstraße. Die Verteilungsfunktion der Stern-
geschwindigkeiten.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9.

Demnächst erscheint der **zweite Band** von

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Umfang etwa 16 Bogen mit 38 Abbildungen, Lexikonformat

Inhaltsübersicht:

Die Bewegungen der Fixsterne. Von Dr. J. Hopmann, Bonn.

Entwicklung und Stand der Parallaxenforschung. Von Dr. G. Schauder, Potsdam.

Das Milchstraßensystem. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. A. Kopff, Heidelberg.

Die Polhöschwankungen. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. B. Wanach, Potsdam.

Erzeugung und Messung tiefer Temperaturen. (Mit 2 Abbildungen.) Von Professor Dr. F. Henning, Berlin-Lichterfelde.

Neuere Erfahrungen über quantenhaften Energieaustausch bei Zusammenstößen von Atomen und Molekülen. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. J. Franck, Göttingen.

Magnetismus und Atombau. (Mit 3 Abbildungen.) Von Professor Dr. Walter Gerlach, Frankfurt a. M.

Fortschritte beim Zeemaneffekt. (Mit 2 Abbildungen.) Von Professor Dr. Alfred Landé, Tübingen.

Über das Element 72 (Hafnium). (Mit 3 Abbildungen.) Von Professor Dr. Fritz Paneth, Berlin.

Kaltreckung und Verfestigung. (Mit 25 Abbildungen.) Von Dr. G. Masing und Dr. M. Polanyi, Berlin

Die „Bezieher der Naturwissenschaften“ erhalten diesen Band ebenfalls zu einem Vorzugspreis, wie den 1. Band.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezug GZ. $2,5 \times$ Schlüsselzahl, Einzelnummer GZ. $0,8 \times$ Schlüsselzahl, zuzüglich Porto. Für das Ausland Bezug nur durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag.

Preis vierteljährlich Dollar 1,80.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 22. Sept. 1923: 35 000 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto: Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer;
		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Das Glyzerin

Gewinnung, Veredelung, Untersuchung und Verwendung

sowie die

Glyzerinersatzmittel

VON

Dr. C. Deite†
Berlin.

und Ing. Chem. J. Kellner
Betriebsleiter d. Schichtwerke Aussig

Mit 78 Abbildungen (VIII, 449 S.) Gebunden GZ. 14.—

Inhaltsverzeichnis:

Die Geschichte der Glyzerinfabrikation — Die Gewinnung des Glyzerins.

Die Gewinnung des Glyzerins aus Fetten:

Die Natur der Fette. — Die Untersuchung der Fette und fetten Öle. — Die Fette und Öle für die Stearin-, Glyzerin- und Seifenfabrikation. — Die Gewinnung von Glyzerin bei der Fettspaltung. — Die Gewinnung von Glyzerin bei der Fabrikation von Türkischrotöl. — Die Glyzeringewinnung aus den Unterlaugen der Seifenfabriken.

Glyzeringewinnung durch Gärung:

Die chemischen Vorgänge bei der Bildung von Gärungsglyzerin. — Die Reinigung der Gärungsglyzerine. — Die Aufarbeitung der Protol- oder Fermentolschlempe.

Synthetisches Glyzerin.

Die Rohglyzerine des Handels.

Die Veredelung der Rohglyzerine:

Glyzerinraffination:

Raffination über Knochenkohle. — Vereinfachtes Raffinationsverfahren. — Handels-sorten der Raffinate.

Die Glyzerindestillation:

Die Destillation unter atmosphärischem Druck. — Die Destillation im Vakuum. — Entfärben der Destillate. — Das Schönen des Glyzerins. — Plan einer Glyzerin-veredlungsanlage.

Die Handelsglyzerine:

Die raffinierten und destillierten Glyzerine des Handels. — Dynamitglyzerin. — Pharmakopöeglyzerin.

Die Untersuchung des Glyzerins:

Die Untersuchung der Rohglyzerine:

Die Bestimmung des Glyzeringehaltes. — Prüfung der Rohglyzerine auf Verunreinigungen. — Internationale Standardmethoden 1911.

Prüfung raffinierter Glyzerine:

Physikalische Methoden zur Gehaltsbestimmung wässriger Glyzerinlösungen. — Chemische Methoden zur Gehaltsbestimmung wässriger Glyzerinlösungen.

Die Verwendung des Glyzerins und seiner Ersatzmittel:

Die Verwendung des Glyzerins.

Die Glyzerinersatzmittel:

Ältere Ersatzmittel für Glyzerin. — Die neueren Glyzerinersatzmittel.

Über die Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen; ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchssinnes der Insekten.

Von Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Das Problem der Monophagie bzw. Polyphagie ist ein sehr ausgedehntes, da es sowohl nach der mehr praktischen wie nach der theoretischen Seite hin eine Fülle von Fragen enthält. Auf einige, soweit ich mich in letzter Zeit mit ihnen experimentell beschäftigt habe, soll hier eingegangen werden. Die Ergebnisse meiner Versuche will ich mitteilen und daran anschließend meine Stellung zu dem Problem darlegen, so weit es der verfügbare Raum gestattet.

1. *Vorbemerkungen.* Ich halte es für erforderlich festzulegen, in welchem Sinne die Begriffe Monophagie bzw. Polyphagie hier gebraucht werden, zumal in der Parasitologie diese Bezeichnungen mannigfache Verwendung finden. An der Festlegung der Begriffe ist Praxis wie Theorie gleich stark interessiert, und viel vergebliche Arbeit wäre erspart geblieben, hätte man bei allen solchen weitausgreifenden Problemen vor der Diskussion die Begriffe eindeutig umgrenzt. Sollen Irrtümer und Mißverständnisse vermieden werden, so sind bei so dehnbaren Begriffen stets umgrenzende Zusätze notwendig. Ich verwende obige Ausdrücke nur unter Bezugnahme auf die Ernährungsweise der Larven der Schmarotzerwespen und verstehe unter einer monophagen Schlupfwespe eine Form, deren Brut nur in oder an einer einzigen Wirtsart gedeihen kann. Steht dem mütterlichen Tier der für die Larven einzig mögliche Wirt nicht zur Verfügung, so ist eine Aufzucht der Brut ausgeschlossen. Bei polyphagen Schmarotzerwespen kann die Brut in oder an zwei, drei, vier und noch mehr verschiedenen Wirtsarten gedeihen. Die Ernährungsmöglichkeit der Brut bestimmt darnach die Verwendbarkeit der Begriffe, „poly- oder monophag“, um die Lebensweise einer Schlupfwespenart zu charakterisieren. Wie aus folgenden Beispielen hervorgeht, ist es unbedingt notwendig, obige Begriffe nur mit Rücksicht auf die Ernährungsweise der Schmarotzerwespenlarven zu verwenden. Denn bei einer ganzen Reihe von Schlupfwespen nehmen die Männchen wie die Weibchen gar keine Nahrung, höchstens Wasser zu sich. Bei noch anderen Arten fressen die Männchen gar nichts, die Weibchen aber verschiedenartige Kost, pflanzlichen wie tierischen Ursprungs. Schließlich gibt es Formen, bei welchen die Männchen und Weibchen im Freileben alles mögliche fressen; unter gewissen Bedingungen aber ernähren sie sich ausschließlich von einer einzigen Substanz.

Letzteres ist beispielsweise der Fall bei *Phaenocarpa* (Fam. Braconidae). Im Freien sind die Weibchen dieser Form Allesfresser. Wir könnten sie daher als polyphag bezeichnen. Im Experiment dagegen kann man sie ganz ausschließlich an Rülpfen der Mehlwanne, dies wäre streng monophag, ernähren. Demnach wären die Weibchen dieser Art bald polyphag, bald monophag. In allen diesen Fällen ist, wie leicht ersichtlich, die Verwendung der Begriffe monophag und polyphag schlechthin ungenau. Man sieht, daß sich Irrtümer ergeben, wenn einschränkende Zusätze, in welchem Sinne die Begriffe verwendet werden, unterbleiben. Ich wiederhole deshalb, daß ich obige Bezeichnungen nur im Hinblick auf die Ernährungsmöglichkeiten der Brut der Schmarotzerwespen anwende. Nach diesen Darlegungen sind Irrtümer ausgeschlossen darüber, von welchen Eigentümlichkeiten der Schmarotzerwespen hier die Rede ist.

2. Über die praktische Bedeutung des Problems der Mono- und Polyphagie der Schlupfwespen.

Auf diese Frage soll hier nur kurz eingegangen werden; an anderer Stelle ist und wird darüber ausführlich berichtet. (Vgl. Hase, Arb. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtschaft Bd. 11, 1922, u. Bd. 12, 1923.) — Vom wirtschaftlichen Standpunkte aus ist eine große Zahl von Vertretern der Schlupfwespenfamilien: Braconidae, Chalcididae, Euclyptidae, Ichneumonidae und Proctotrupidae von äußerster Wichtigkeit, da es sich um Parasiten unserer heimischen Großschädlinge handelt. Schon aus diesem Grunde ist es notwendig, sich mit diesen Formen zu beschäftigen, um genauesten Einblick in ihre wechselvolle Lebensgeschichte zu erlangen. Die Frage der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten (mit ihr erzielt man besonders in Amerika bereits schöne Erfolge — vgl. diese Zeitschrift Jahrg. 11, S. 691 —) ist aufs engste verknüpft mit dem Studium der Lebensgewohnheiten dieser Formen. Denn praktische Bekämpfungsmaßnahmen in angedeuteter Richtung können nicht eher in Angriff genommen werden, bevor nicht eine Fülle von Teilfragen betreffend die Ökologie und Physiologie dieser teilweise hochspezialisierten Arten eine experimentelle gesicherte Antwort erhielt. Überprüfen wir aber unsere Kenntnisse der heimischen Schlupfwespen nach dieser Richtung hin, so kommen wir leider zu dem Schluß, daß die in Be-

tracht kommenden einheimischen Vertreter systematisch wohl genügend bekannt sind, daß aber hinsichtlich ihrer Biologie noch große Lücken klaffen. Weiß man doch von Hunderten von Arten eigentlich weiter nichts, als daß sie während ihres Larvenlebens auf diesem oder in jenem Kerbtier schmarotzen. Andere Staaten sind uns darin voraus, namentlich Amerika, Südafrika, Australien, Italien und Holland. Dort hat man in eigenen Parasitenlaboratorien die Lebensgeschichte und die künstliche Massenvermehrung wirtschaftlich wichtiger Schmarotzerwespen genauestens studiert, eben zu dem Zwecke, um die verschiedenen Formen bei der biologischen Bekämpfung jeweils verwenden zu können.

Seit längerer Zeit beschäftige ich mich mit Schlupfwespen aus der Familie der Braconidae und Chalcididae. Ein Teil der Arbeitsziele liegt auf dem soeben skizzierten praktischen Gebiet. Unter anderem soll festgestellt werden, welche Wirte die wirtschaftlich wichtigen Schlupfwespen befallen oder doch befallen können. Mit anderen Worten, es sind Untersuchungen im Gange über die Monophagie bzw. Polyphagie der deutschen Schmarotzerwespen. Eine ganze Reihe hatte man in der älteren Literatur als *monophag* bezeichnet, bis durch weitere Zuchten, oft zufällig, bekannt wurde, daß dies verfrüht war. Die Zahl der wirklich monophagen Arten ist mehr und mehr zusammengeschrunft. Ja, es ist das Wahrscheinlichere, daß, abgesehen von einigen ganz seltenen Fällen, die Monophagie den Ausnahmezustand bildet und nur wenigen höchst spezialisierten Formen eigen ist. Bei weitem der größte Teil der Schlupfwespen ist *polyphag* in dem Sinn: die Weibchen benutzen mehrere Arten als Wirtstiere zum Unterbringen ihrer Eier, d. h. zum Großziehen der Brut. Manche Vertreter aus der Familie der Ichneumoniden darf man, ohne zu weit zu gehen, als *pantophag* ansprechen, wie z. B. *Pimpla alternans* (Grav.), die nach *Stellwaag*¹⁾ in 6 verschiedenen Hautflüglerarten, in 11 verschiedenen Schmetterlingsarten, in 2 Käfersorten und in 1 Fliegenart ihre Brut unterbringt. Dabei ist noch gar nicht ausgeschlossen, daß außer den erwähnten (6+11+2+1) = 20 Wirten, sich die Zahl noch erhöht bei genauerem Studium dieser Form. Ob die praktische Bedeutung einer Schmarotzerwespe in dem Maße zunimmt, wie sich die Zahl ihrer bekannten Wirte erhöht, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden. An dieser Stelle soll hierauf des näheren nicht eingegangen werden.

Was ich oben ausführte, trifft für die Braconide *Habrobracon juglandis* Ashmead zu²⁾.

¹⁾ *Stellwaag, F.*, Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten, Berlin 1921, P. Parey.

²⁾ In den vorhergehenden Arbeiten (s. oben) ist diese Form von mir versehentlich *Habrobracon brevicornis* Wesm. als *Wesmael* genannt worden, ein Irrtum, den ich hiermit richtigstelle. *Hab. jugl.* Ashm. und *Hab. brev.* Wesm. sind nahe verwandte, doch nicht identische Formen.

Meine bereits früher geäußerte Vermutung, *Hab. jugl.* besitze mehrere Wirte, war richtig. Damit muß die in Betracht kommende Braconide zu den polyphagen Arten gestellt werden. Kürzlich durchgeführte Versuche erbrachten den Beweis. Mir gelang es, außer an Mehlmotten (*Ephestia kuehniella* Zell.) die Weibchen dieser Schlupfwespe auch an den Raupen der großen Wachsmotte (*Galleria mellonella* L.) zur Eiablage zu bringen und die schlüpfenden Larven an den zuvor von der Wespe selbst gelähmten Wachsmottenraupen ganz normal großzuziehen. — In dem vorliegenden Fall sind die Verhältnisse noch besonders interessant, weil nämlich das Weibchen den für seine Brut bestimmten Wirt zur eigenen Ernährung mitverwendet. Aus der Stichwunde, die gesetzt wird, um die Raupen zu lähmen, saugt das Weibchen Körpersäfte, und ohne jede Schwierigkeit kann ein Weibchen sich hierdurch ausschließlich ernähren und fruchtbar erhalten. Es lebt also die Mutter- und die Tochtergeneration u. U. von demselben Objekt, und es ist leicht zu beobachten, wie an derselben Raupe — sei es die einer Wachsmotte oder die einer Mehlmotte — das mütterliche Tier direkt neben ihren Nachkommen saugt.

Für die Praxis ist der Befund, daß die Schlupfwespe *Hab. jugl.* auch die Raupen der Wachsmotten ohne Umstände angreift, insofern wichtig, da bekanntlich die Wachsmotte ein lästiger Zerstörer der Bienenwaben ist. Die Möglichkeit, die Bekämpfung dieses Schädlings unserer Bienenzuchten mit Hilfe genannter Braconide durchzuführen, ist somit im Prinzip vorhanden.

3. Über die theoretische Bedeutung des Problems der Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen.

Andere Untersuchungen, die ich mit den genannten Objekten, *Hab. jugl.* einerseits, Mehlmotten- und Wachsmottenraupen andererseits durchführte, dienten mehr zur Klärung von Fragen umfassender Natur, soweit sie die Schmarotzerwespen, als ökologische Gruppe gefaßt, angehen, und diese Fragen haben mehr allgemeines Interesse. Viele theoretische Probleme können m. E. gerade an diesen Objekten einen günstigen Bearbeitungserfolg erfahren. Auf folgende Fragen versuchte ich, durch entsprechend gerichtete Versuche Aufschlüsse zu erhalten, wobei die unter b) aufgeworfenen Fragen sich fast zwangsläufig aus dem unter a) umrissenen Fragenkomplex ergaben.

a) Wie verhält sich die Braconide gegenüber dem neuen Wirt? Zeigt die Schlupfwespe gegenüber beiden Raupenarten das gleiche psychologische wie physiologische Verhalten, welches wir bisher von ihr kennen, oder treten am neuen Wirt neue Wesenszüge hervor?

b) Wie findet die Schmarotzerwespe überhaupt ein geeignetes, d. h. ihrer Brut zusagendes Opfer? Woran erkennt sie den jeweiligen Alters-

zustand bzw. Entwicklungszustand (ob Ei, Raupe oder Puppe), in dem sich die betreffende Form befindet? Woran kann sie (wie in unserem Falle Hab. jugl.) unterscheiden, ob sie eine noch zu junge Wachsmottenraupe vor sich hat oder eine gleich große und gleich schwere Mehlmottenraupe, die sie unverzüglich angreift?

Zu a. Bevor ich auf Einzelheiten eingehe, schicke ich einige Vorbemerkungen über die Lebensgewohnheiten beider Raupenarten voraus, da ich nicht annehmen kann, daß allen Lesern diese geläufig sind.

Wachsmotte und Mehlmotte stimmen in folgendem überein: beide leben verborgen in ihren Nahrungsmitteln und fressen darin mit Gespinst ausgekleidete Gänge. Weiter charakterisiert beide Raupen die dauernde Spinnfähigkeit bei jeder Ortsveränderung. Zur Verpuppung verlassen sie nicht ungern den gewöhnlichen Aufenthaltsort und suchen zur Anlage ihrer Kokons dunkle Winkel oder Spalten auf. Der Kokon beider ist derb, allseitig geschlossen und meist durch Einspinnen von Fremdkörpern (Schmutzteilen, Kotbrocken, Mehl, Wachsstückchen usw.) gepanzert. Nicht unerwähnt darf schließlich bleiben, daß beide Raupenarten nackthäutig, d. h. sehr wenig behaart sind. — Gänzlich verschieden ist dagegen die Umgebung, in der die Wachsmotten und die Mehlmotten zu leben pflegen. Die ersteren finden sich in etwas schmierigen und klebrigen Bienenwaben, welche zum Teil mit Honig gefüllt sind. Bevorzugt wird die Mitte der Wabe, da, wo die Zellen aneinanderstoßen. Wachsteilchen, Honigtröpfchen, Kotbrocken und Gespinnstmassen bilden meist ein schwer durchdringbares Gewirr. — Die Mehlmotten finden wir in staubtrockener Umgebung wie Mehl, Kleie, Gries, Graupen, Nudeln usw. jedenfalls in körnigen, lockeren Substraten mit nicht klebriger Oberfläche. Die vergleichenden Beobachtungen haben nun folgendes ergeben:

1. So wenig wie die Mehlmotte durch ihre Gespinste vor den Angriffen der Hab.-Weibchen geschützt ist, so wenig ist es auch die Wachsmotte, obgleich ihre Gespinste noch stärker sind. Die Schlupfwespe heißt sich bis zu den von ihr gesuchten Raupen mit großem Geschick hindurch. Auch zögert die Wespe nicht, ihre Opfer tief in den versponnenen Mehlmassen aufzusuchen, wie sie in gleicher Weise bis ins Innere der durchfressenen, klebrigen Waben vordringt.

2. Die Körperregionen, wo die Wespe ihre Stiche anbringt, um die Raupen zu lähmen, sind in beiden Fällen ganz willkürlich gewählt. Irgendeine Bevorzugung einer bestimmten, d. h. besonders empfindlichen Stelle (Zentralnervensystem, Herzschlauch) wurde nie beobachtet. Ebenso wahllos werden in beiden Fällen die Eier am oder unter, nie in dem gelähmten Raupenkörper untergebracht.

3. Die Raupen beider Arten werden nicht nur einmal, sondern mehrmals angestochen. Bei bei-

den Raupen saugt das Weibchen aus dem Stichkanal die Körpersäfte seines Opfers. Dieses Verhalten gegenüber den Wachsmotten ist insofern besonders interessant, weil Honigtröpfchen ja stets vorhanden sind, die zur Ernährung völlig genügen würden. An und für sich leckt die Schlupfwespe sehr gern Honig, wie überhaupt süße Säfte. Von ihrer Gewohnheit, eiweißreiche Nahrung vom Körper des Wirtes ihrer Brut zu nehmen, geht sie also auch dann nicht ab, wenn andere zur Ernährung an und für sich geeignete Stoffe im Überfluß vorhanden sind⁹⁾.

4. Die Schlupfwespe greift sowohl von Wachsmotte wie von der Mehlmotte nie an: die Eier, die Puppen und die Falter. Ausschließlich gefährdet sind die Raupen. Dabei ist noch besonders hervorzuheben, daß nur Raupen bestimmter Altersstufen bedroht sind. Die Größe bzw. das Gewicht ist in dieser Hinsicht ganz ohne Bedeutung. Dieser Befund ist deshalb bemerkenswert, da Wachsmotte und Mehlmotte sehr ungleich große Formen sind. Ich stelle die Maße und Gewichte der ganz ausgewachsenen Raupen, die sich kurz vor der Verpuppung befinden, gegenüber.

Wachsmotte:

große Raupe = Gewicht 278 mg, Länge 33 mm,

Mehlmotte:

große Raupe = Gewicht 46 mg, Länge 17 mm,

d. h. die Gewichte verhalten sich etwa wie 6 : 1, die Länge wie 2 : 1. In beiden Fällen suchen die Hab.-Weibchen die größten und schwersten, d. h. ältesten Raupen mit Vorliebe auf. Irgendwelche Scheu vor den wesentlich größeren Raupen der Wachsmotte war nie zu bemerken. Die Größe und Schwere spielt also hier keine Rolle, sondern nur das jeweilige Alter. Denn z. B. Mehlmotten von 5–6 mm Länge und 1,7 bis 0,2 mg Gewicht werden bereits angegriffen; aber Wachsmotten von 7–8 mm Länge und 9–10 mg Gewicht werden noch nicht angegriffen. Letztere Art ist erst bei einer Größe von 10 mm (etwa 15 mg Gewicht) an gefährdet, da die an und für sich größere Form erst bei dieser Länge und bei diesem Gewicht das gefährdete Altersstadium erreicht. Von dem Augenblick an, wo die letzte Raupenhaut abgestreift wurde, also die ganz zarte Puppe vorliegt, nimmt in beiden Fällen die Schlupfwespe keinerlei Notiz mehr von diesen Objekten. Nie beißt sich ein Hab.-Weibchen in einen Kokon ein, welcher die schon fertige Puppe enthält. Dringt sie in Kokons ein, so geschieht es stets nur dann, wenn eine Raupe sich darin befindet, die zwar eingesponnen, aber noch nicht verpuppt ist. Diese verhältnismäßig kurze Zeitspanne wird von den Hab.-Weibchen allerdings mit erstaunlicher Sicherheit wahrgenommen. Es

⁹⁾ Daß das Weibchen unter allen Umständen hochwertige stickstoffreiche Nahrung zu erlangen strebt, hängt wohl am Ende mit der Entwicklung zusammen. Darüber müssen allerdings eingehende Versuche noch durchgeführt werden.

geht daraus hervor, daß an irgendwelchen Merkmalen der jeweilige Zustand des Wirtes im Kokon, sei er Mehlmotte oder Wachsmotte, von dem Schmarotzer mit völliger Gewißheit erkannt wird.

5. Ferner stellte ich fest: Bei völliger Dunkelheit findet die Schlupfwespe beide Raupen, gleichgültig, ob isoliert oder in natürlicher Umgebung, ob frei umherwandernd oder ob in Gespinsten eingeschlossen, unfehlbar.

6. Hat ein Hab.-Weibchen Wachsmotten- und Mehlmottenraupen zugleich vor sich, dann ist keinerlei Bevorzugung der einen oder anderen Raupenart feststellbar. Innerhalb weniger Minuten greift ein stechlustiges Weibchen bald die eine, dann die andere Art an.

7. Die Larven von Hab. verhalten sich an beiden Wirten völlig gleich; d. h. an beliebigen Stellen des Körpers saugen sie sich fest und verbleiben daselbst bis zur Beendigung des Larvenlebens.

*8. *Zusammenfassung:* Das Verhalten der Hab.-Weibchen ist dem einen wie dem anderen Wirt gegenüber (die bei mancher Ähnlichkeit in den Lebensgewohnheiten doch auch wesentliche Unterschiede zeigen) genau das gleiche. Handlungen der Schlupfwespe, seien sie psychisch (instinktiv) oder physiologisch begründet, welche gegenüber der einen Form zutage treten, treten auch bei der anderen zutage. Oder was dasselbe besagt: die Lebensgeschichte unserer Schlupfwespe würde nicht anders lauten, wenn man sie zufällig zuerst an der Wachsmotte und hinterher an der Mehlmotte gezüchtet hätte, als wie es jetzt umgekehrt der Fall ist. — Es wurde somit an einem bestimmten Beispiel festgestellt, daß eine Schmarotzerwespe sich gegenüber ihren beiden Wirten, die allerdings derselben Schmetterlingsfamilie (Phyalidae), angehören, sich gleich verhält. Ob das, was für den vorliegenden Fall sichergestellt wurde, auch für andere Schlupfwespen gilt, ist damit nicht ohne weiteres gesagt. Ja, es ist das Wahrscheinlichere, daß es nicht so ist. Ich verweise hierbei auf den oben erwähnten Fall: *Pimpla alternans* (Familie Ichneumonidae), welche Hautflügler, Käfer-, Schmetterlings- und Fliegenlarven — also ganz verschieden lebende und geartete Formen — als Wirte wählt. Dieser Hinweis mag genügen! Es geht daraus hervor, welche Fülle von noch ungelösten Aufgaben die heimische Schlupfwespenwelt bietet.

Zu b. Nun zum zweiten, oben formulierten Fragenkomplex: wie findet das Schlupfwespenweibchen überhaupt ein geeignetes, d. h. ihrer Brut zusagendes Wirtstier? Die Ausführungen, welche ich zur Klärung dieser Frage mache, beziehen sich wieder in erster Linie auf den besonderen Fall: Hab. jugl. einerseits und Wach- und Mehlmottenraupen andererseits. Da sich alle Vorgänge beim Suchen und Finden der Raupen bei völligem Ausschluß von Licht in genau derselben Weise abspielen wie bei Belich-

tung, so ist es wohl klar, daß der Gesichtssinn keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle hierbei spielt. Somit wäre an den Tastsinn und den Geruchssinn zu denken. Beide Sinne arbeiten wohl vielfach zusammen, besonders dann, wenn Gespinstmassen bzw. Kokons, in denen Raupen noch spinnen, von außen abgetastet werden. Die dabei von den Raupen ausgehenden Erschütterungen nimmt die Wespe wohl sicher mit Hilfe ihrer Tastorgane wahr. Doch glaube ich nicht, daß der Tastsinn beim Suchen und Finden der Opfer den Ausschlag gibt. Experimentiert man nämlich zu diesem Zweck mit vorher völlig gelähmten Raupen, die sich nicht mehr bewegen, also auch keine Erschütterungen mehr verursachen, dann ist das Ergebnis des Versuches genau so positiv. Man könnte annehmen, das Tastvermögen der Schlupfwespe wäre ein so fein entwickeltes, daß sie Unterschiede in der Hautbeschaffenheit der alten und jungen Raupen mittelst Betasten wahrnimmt. Nichts Unmögliches enthält an und für sich diese Annahme. Ihr steht aber die folgende, absolut sichere Beobachtung gegenüber: die Wespe versucht auch durch einen Kokon hindurchzusteichen, welcher allseitig geschlossen ist. Schon aus rein räumlichen Gründen ist in solchen Fällen ein direktes Betasten der Raupenhaut ganz unmöglich. —

Nach meinen diesbezüglichen Versuchen — weiter unten sollen einige kurz geschildert werden, die ausführliche Darlegung erfolgt später an anderer Stelle — bin ich zu folgenden Schlüssen gekommen. (Für den hier untersuchten Fall, wie ich vorsichtigerweise hinzusetzen will.) Das zur Ernährung der Brut unbedingt notwendige Wirtstier findet die Schlupfwespe ausschließlich mit Hilfe ihrer Geruchsorgane. Sie ist befähigt, Wachsmotten wie Mehlmottenraupen in ihrer natürlichen Umgebung mit völliger Sicherheit aufzuspüren, wobei die Wespe geruchlich zugleich wahrnimmt, in welchem jeweiligen Alterszustand sich eine Raupe befindet. Einige Versuchsergebnisse seien angeführt, die für die Richtigkeit meiner Auffassung sprechen. Wie schon oben gesagt, hinterlassen Wachsmotten wie Mehlmotten beim Laufen einen Gespinstfaden. Läßt man auf zuvor sorgfältig gereinigten Glasplatten die Raupen wandern, so bleiben diese Fäden, gut sichtbar, auf dem Glase haften. Entfernt man jetzt die Raupen und setzt an ihre Stelle Hab.-Weibchen, so ist sofort festzustellen, wie die Schlupfwespen dieser, auch für uns sichtbaren Spur folgen, sie mit den Fühlern beklopfen, d. h. beriechen und dann die Stichstellung einnehmen, als wäre eine Raupe tatsächlich vorhanden. Völlig überflüssig ist hierbei anzunehmen, die Wespe sieht den Spurfaden und benutzt ihn gleichsam als „Wegweiser“, denn das Versuchsergebnis ist das gleiche, wenn man wie folgt verfährt. Man betupft oder bestreicht eine markierte Stelle auf einer sauberen Glasplatte mit der Haut einer Raupe, wobei man letztere so hält, daß sie die Glasfläche nicht bespinnen kann. Dann setzt man

Hab.-Weibchen auf die Platte und bedeckt sie, um den Abflug zu verhindern, mit einer geeigneten Glasschale. Die Weibchen beginnen bald umherzuwandern. Kommen sie an die mit dem Raupenkörper betupfte Stelle, so stützen sie, beriechen (beklopfen) mit den Fühlern diese Stelle und nehmen die Stichstellung ein, genau so, als hätten sie Wachs- oder Mehlmottenraupen in Wirklichkeit vor sich. Der Versuch kann nur wie folgt gedeutet werden:

Das Aufspüren (Herausriechen) der gesuchten Wirtstiere im Raum beruht auf einer Leistung der Geruchsorgane. Dies setzt aber voraus: *erstens*, daß den Raupen ein bestimmter Duftstoff eigentümlich ist (d. h. die Raupen sind die Duftstoffträger), *zweitens*, daß dieser Duftstoff sich im Raume verteilt und *drittens*: daß dieser Duftstoff auch den Stellen eine Zeitlang anhaftet, welche von den Raupen begangen oder berührt worden sind. Diesen Duftstoff erkennen die Schlupfwespen mit Sicherheit wieder (Geruchserinnerungen) auch in Umgebungen, wie z. B. Mehlmassen oder Bienenwaben, die ebenfalls einen eigentümlichen Duft — wenigstens für unser Geruchsorgan — besitzen. Daß diese Annahme richtig ist, geht aus dem zuletzt mitgeteilten Versuch hervor, bei dem die Raupe ja gar nicht mehr zugegen ist, Gesichtssinn und Tastsinn also völlig ausgeschaltet werden. Um die eingangs dieses Abschnittes aufgeworfene Frage: wie findet die Schlupfwespe den ihrer Brut zusagenden Wirt, zu beantworten, können wir die Antwort nach dem Vorhergehenden wie folgt formulieren. 1. Der den Raupen eigentümliche Duft reizt die Geruchsorgane der Schlupfwespe; es ist gleichgültig, ob der Duft direkt von den Raupen ausgeht oder ob er indirekt von den Stellen ausgeht, welche die Raupen begangen haben. 2. Die Wespe sucht die Reizquelle, indem sie die Intensitätsunterschiede des Reizes auswertet. 3. Bei einer bestimmten Intensität des Reizes tritt die für uns sichtbare Reaktion, die Stichstellung, ein. Diese Reaktion tritt auch dann ein, wenn bei einer genügenden Intensität des Reizes gar keine Raupe vorhanden ist (s. o.), oder wenn eine bereits gelähmte Raupe oder eine noch zu lähmende sich vor der Wespe befindet.

Zur Eiablage kommt es durch die geruchliche Reizung aber noch nicht. Die Eiablage erfolgt erst nach gesetztem Stich, d. h. nachdem der Tastsinn in irgendeiner, für uns nicht erkennbaren Weise, mit gereizt wurde⁴⁾. Ich betone ausdrücklich, daß zum Auffinden eines geeigneten Wirtes Geruchsreize ausschließlich in Frage kommen, daß aber zur Bewerkstellung der Eiablage noch Tastreize hinzukommen müssen. Die Eiablage als sekundärer Vorgang kann erst erfolgen, nachdem die Schmarotzerwespe einen ihr zusagenden Wirt mit Hilfe ihres Geruchsorgans gefunden und ihm einen Stich beigebracht hat. Ob der Stich die Raupe lähmt, wie bei Hab. jugl.,

⁴⁾ Als Tastorgan dient hierbei, wie die Beobachtung ergeben hat, bei Hab. jugl. in erster Linie der Stechapparat selbst.

oder ob die Lähmung unterbleibt und dafür die Eier in den Wirtskörper versenkt werden (wie z. B. bei der an Kohlweißlingsraupen schmarotzenden *Apanteles*), ist eine hier belanglose Frage.

4. *Zusammenfassung.* Zum Schluß will ich, soweit es der Raum gestattet, meine Auffassung betreffs der Frage der Monophagie bzw. Polyphagie im allgemeinen kurz darlegen. Diese Frage muß, wie aus meinen Ausführungen hervorgeht, als eine Teilfrage des Geruchproblems bei den Insekten — zu welchem v. Frisch⁵⁾ in letzter Zeit klassische Untersuchungen lieferte — behandelt werden. Mit dieser Eingruppierung erhält sie stärkstes theoretisches Interesse neben dem rein praktischen. Dabei ist zu unterscheiden einmal zwischen den Eigenschaften der von den Schmarotzerwespen heimgesuchten Wirtstiere, und ferner zwischen den Reaktionen und Handlungen der Schlupfwespen. *Erstens*: die verschiedenen Wirte sind Duftträger, als solche geben sie Geruchssignale. Diese Signale (Düfte) haften auf den Stellen, welche von den Duftträgern (Raupen usw.) begangen wurden, auch diffundieren sie durch bestimmte Stoffe hindurch. Die Düfte sind jeder Wirtsart eigentümliche (und bei manchen Formen auch unserem Geruchsorgan wahrnehmbare), aber innerhalb verwandter Gruppen und Familien ähnliche, so daß man von Artdüften, Familiendüften usw. sprechen kann⁶⁾. *Zweitens*: die Schmarotzerwespen werden durch die Geruchssignale (Duftwolken) gereizt. Die Wespe, Intensitätsunterschiede auswertend, sucht daraufhin die Reizquelle (d. h. den Duftträger). Diese Geruchsreize rufen bei einer bestimmten Intensität zunächst Geruchserinnerungen hervor, die schließlich in einer bestimmten Reaktion (Stichstellung) ausklingen. Wesentlich ist, daß Geruchsreize Reaktionen und Handlungen der Wespen auslösen, welche zur Brutpflege in engstem Zusammenhang stehen (Anstechen bzw. Lähmen der Raupen usw. zwecks Unterbringung der Eier).

Demnach können wir sagen: a) pantophage Schlupfwespen — oder besser Schlupfwespen mit pantophager Brut — sind solche Formen, bei denen die Geruchssignale sehr vieler und auch ganz verschiedenartiger Wirte (Hautflügler, Käfer, Schmetterlinge) alle die Reaktionen und Handlungen auslösen, welche zur Unterbringung der Brut notwendig sind. (Hierher wäre die mehrfach erwähnte Ichneumonide *Pimpla alternans* zu stellen.) b) *Polyphage* Schlupfwespen sind solche, bei welchen die Geruchssignale von wenigen, nahe verwandten Wirten die entsprechenden Reaktionen und Handlungen bewirken. (Als Beispiel wäre die Braconide *Habr. jugl.* anzuführen, welche von mir genauer gerade in dieser Richtung untersucht wurde.) c) *Monophage* Schmarotzerwespen sind endlich die, bei

⁵⁾ Vgl. diese Zeitschr. 11. Jahrg., Heft 28, 1923.

⁶⁾ Über diesen Gegenstand hat sich Schaefferdecker (Zoologica 1923) ausführlich geäußert betreffs der Wirbeltiere. Im Prinzip gilt das gleiche m. E. auch für die Wirbellosen, spez. für die Insekten.

welchen der Duft nur einer einzigen Art die leitenden Handlungen zur Unterbringung der Brut auslöst. Ob es streng monophage Schlupfwespen gibt, erscheint mir — wie schon hervorgehoben — aber recht zweifelhaft.

Damit schließe ich unter dem Hinweis, daß ich mir nicht anmaße, das Geruchsproblem bei den Insekten gelöst zu haben, doch hoffe ich, daß meine Ergebnisse einiges beigetragen haben zur Klärung dieser so viel bearbeiteten Frage.

Ansichten zur Kristallstereochemie.

Von Friedrich Rinne, Leipzig.

1.

Zur Kennzeichnung des Wesens der kristallinen Materie genügt es nicht, auf die Anisotropie der Kristalle, also auf ihren gesetzmäßigen Wechsel von Eigenschaften mit der Richtung, hinzuweisen. Kann man doch schon bei Atomen in Ansehung ihrer gut begründeten physikalischen Raumformeln und ihrer gerichteten Valenzbetätigung nicht umhin, ihnen gleichfalls Richtungsungleichheiten zuzuschreiben. Daß atomistische oder molekulare Individuen, zu Gasen oder flüssigen Massen gehäuft, bei gewöhnlichen Umständen nichts von Anisotropie merken lassen, liegt an ihrer wirren Lagerung, die eine Isotropie durch Mittelwerte mit sich bringt; bei der Parallelrichtung von Molekülen im Kerreffekt zeigen sie ihre optische Richtungsungleichheit.

Das in Zweifelsfällen nachzuweisende Kennzeichen für den kristallinen Zustand ist also nicht lediglich ein Eigenschaftswechsel mit der Richtung, vielmehr muß als Kriterium für den Kristallcharakter das Raumgittergefüge, d. h. eine dreidimensional periodische Anordnung der Bauteile, gelten. Damit stellt sich der Kristall an das Ende einer Reihe, die vom wirr struierten Gasigen und Flüssigen über die in einer Hauptbaurichtung parallelisierten (also paratropen) Moleküle, sog. flüssigen Kristalle (Flüssigkristalle), zum wahren Kristall führt.

Von den atomistischen und molekularen Individuen wird das Kristallindividuum durch seine chemisch belanglose Variabilität hinsichtlich Größe und Gewicht geschieden. Während jede Vermehrung oder Verminderung an peripheren Teilchen eines Atoms, Ions oder Moleküls dessen chemisches Wesen ändert, ist ein Wachsen oder eine Fortnahme von der Substanz der Kristallkörperlichkeit für deren chemischen Charakter bedeutungslos. Es liegt das im Raumgitterbau begründet, gerade so wie im Wesen der gasigen oder flüssigen Aggregation. Nach oben hin, d. h. bezüglich des Wachstums, gibt es in der Hinsicht theoretisch keine Grenzen, nach unten endet die chemisch belanglose Massenverringering bei Gasen und Flüssigkeiten am chemischen Individuum, bei Kristallen an derjenigen Aggregation, die als Verknüpfung von mindestens 6 oder 8 gleichmäßigen Teilchen gerade noch den Grundstock eines Raumgitters bilden kann. Vorausichtlich entstehen bei jeder Kristallisation zunächst Schwärme von kolloiddimensionierten Körpern, die sich dann unter gegenseitiger orientierender Beeinflussung im Akte der „Sammel-

kristallisation“ zum größeren, schließlich sichtbaren Kristall zusammenfinden.

2.

Sinngemäß können beliebige Bauteilsorten, seien es Atome, Ionen oder Moleküle, für sich oder in Kombination miteinander, zum Raumgitterbau zusammentreten; sie geben grob morphologisch den gleichen Effekt. Die Ornamentik eines Kristalls durch Flächen, Ecken und Kanten ist also in erster Linie ein Ausdruck der leitenden Konstruktion der Raumgitter und nicht der besonderen Art der die Gitter bildenden Bauteile. In dem Sinne geben die Grenzflächen der Kristalle die Lage von wichtigen Raumgitterebenen an; die Kristallkanten, also die Zonenachsen, sind die bedeutsamen Merkmale der Bauteilenreihungen, die Ecken bekunden deren Ausstrahlungspunkte. In der Abstufung ihrer kristallographischen Symbole im Sinne wachsender Kompliziertheit sind sowohl Flächen als auch Kanten wichtige makroskopische Hinweise auf den Feinbau. In der Symmetrie der Anlage dieser Baumomente ist auf die Regeln der inneren Ordnung hingewiesen, soweit das im Grobbau zum Ausdruck kommen kann, d. h. unter Ausschluß aller Diskontinuitäten.

Wenn es also im Grundsatz die allgemeine Kristallkonstruktion ist, die in der Kristallform sich geltend macht, und nicht die Bauteilart, so ist damit natürlich nicht eine völlige Unabhängigkeit zwischen Kristallform und der Stereochemie der freien Atome oder Moleküle ausgesprochen, die zum Kristallbau verwandt wurden. Die Erfahrungen der Morphotropie, d. h. eines Parallelganges zwischen chemischer Substitution und Wandlung der Formverhältnisse des kristallinen Materials, weisen auf solche Beziehungen hin. Es ist aber anderseits zu bedenken, daß sehr viele chemisch durchaus verschiedene Stoffe völlig gleiche Kristallgestalt im Rahmen des regulären Systems besitzen und daß die Durchmusterung der Formenwelt auch anderer, besonders der sonstigen hochsymmetrischen Kristallsysteme eine solche „Isotypie“, unbekümmert um die chemische Natur der Stoffe, zeigt. Die chemische Art ist in solchen Fällen feinbaulichen Stabilitätsmomenten untergeordnet.

3.

Von besonderer kristallstereochemischer Wichtigkeit ist es, durch die Ergebnisse röntgenographischer Forschung zu erfahren, welche Gruppierungen, die im freien chemischen Individuum anzunehmen sind, beim Raumgitteraufbau sich

noch bekunden. Daß die Gliederung der Atome in Kern- und Hüllsphäre in den Kristall übernommen wird, begegnet keinem Zweifel, gleichwie jeder organische Chemiker sich ablehnend verhalten wird gegenüber der Annahme einer atomistischen Zerreißung von Methyl-, Äthyl-, Aryl- und anderen stereochemischen Radikalen beim Kristallisieren der Stoffe. Wenn auch die Erfahrung zeigt, daß molekulare Verbände wie NaCl , CaCO_3 kristallstrukturell ionistisch zerteilt und in kräftigem Zusammenschluß der Ionen miteinander nach dem Formeltypus NaCl_6 , ClNa_6 bzw. $\text{Ca}(\text{CO}_3)_6$, $(\text{CO}_3)\text{Ca}_6$ gebracht werden, so tritt doch andererseits beim Überblick der Untersuchungen von organischen Stoffen die Übernahme der Strukturen ihrer freien chemischen Molekulargebilde in den Kristall mehr und mehr heraus: ihre Raumgitter setzen sich aus feinbauähnlich lose verknüpften Molekeln zusammen. Zur richtigen Würdigung dieser Verhältnisse hinsichtlich ihrer allgemeinen Wichtigkeit muß man bedenken, daß in solchen Fällen die gewissermaßen auf Atomlagerung abgestimmte röntgenographische Methode es ermöglicht, den in das Kristallgebäude fast unberührt übergegangenen Molekülbau nach Lage seiner Atome zu erkennen. Die Tragweite dieses Umstandes ist also ganz außerordentlich groß, und er verdient es, stereochemisch mit allen Mitteln der Forschung ausgenutzt zu werden.

Als Beispiel möge das Hexamethylentetramin $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ dienen; seine vielberedete Struktur ist nun von zwei Seiten, unabhängig voneinander röntgenographisch mit übereinstimmendem Ergebnis festgelegt. Dickinson sowie H. Mark kommen zum Schluß, daß ein reguläres Gitter mit molekularen Baugruppen an den Ecken und auf den Flächenmitten eines Elementarwürfels von 7,02 Å. E. Kantenlänge vorliegt. In diesen Kristallmolekülen lagern die Kohlenstoffatome jeweils an den Ecken eines Oktaeders; die vier Stickstoffatome bilden ein zugehöriges Tetraeder mit Atomen über den abwechselnden Oktaederflächen des Kohlenstoffaggregats. Die röntgenographisch nicht zu fassenden H-Atome werden willkürlich zu je dreien über den Ecken der vier abwechselnden Oktaederflächen angenommen, damit die sechs (CH_2) -Gruppen feinbaumäßig heraustreten.

Sei solchen Überlegungen hinzugefügt, daß man im übrigen unter Zuhilfenahme der jeweiligen Raumgruppensymmetrie die stereochemischen Formeln auch noch im Feineren kristallographisch analysieren kann. Wäre z. B. bei Silikaten eine SiO_2 -Gruppe in einem triklin-pedialen Körper festgestellt, so erfordert dessen völlige kristallographische Unsymmetrie eine Ungleichheit der O-Bindungen zum Si, also die Aufteilung in $\text{Si} \cdot \text{O} \cdot \text{O}$. Es läge also wegen mangelnder Zweizähligkeit ein Pseudo- SiO_2 -Leptyl vor¹⁾; in einer triklin-pinakoidalen, also zentrosymmetrischen Substanz indes, gibt es zusammengehörige

Atomlagen von Ein- und Zweizähligkeit, wie es SiO_2 verlangt (z. B. zufolge Umlappungssymmetrie), also die Möglichkeit einer wahren OSiO -Baugruppe. In nähnlicher Weise läßt sich prüfen, ob z. B. eine SiO_2 -Gruppe in der Tat vier völlig, also auch thermisch gleichberechtigte Sauerstoffatome besitzt oder im Feineren aufgeteilt werden muß. Für die Entwicklung von Strukturformeln, etwa von Silikaten, haben solche Untersuchungen Bedeutung. Sicherlich existieren z. B. im Natronfeldspat $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ keine SiO_2 -Baugruppen, und selbst SiO_2 -Knauel in ihm wären unter Gliederung der 4 O in 2 + 2 aufzuteilen.

4.

Eine sehr nutzbare Vorstellung für stereochemische Erörterungen ist im Anschluß an Überlegungen von W. L. Bragg des weiteren der Begriff der „Atombereiche“, wenn man ihn in dem Sinne faßt, daß es sich dabei um den je-

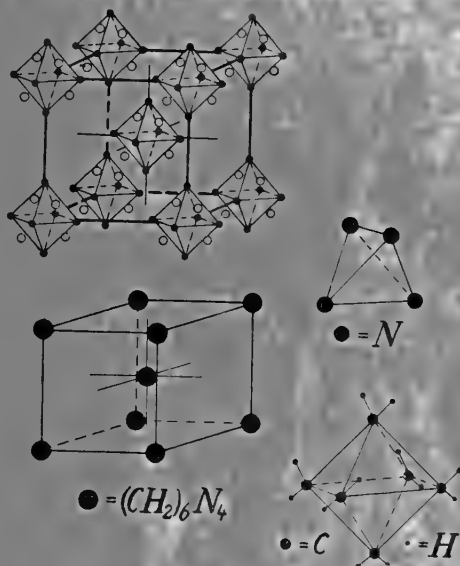


Fig. 1. Feinbau des Hexamethylentetramins als Beispiel eines Molekülräumgitters.

weiligen Raumanteil am Kristallgittern handelt, den ein Atom nicht etwa für seine Körperlichkeit (wie sie von den äußeren Elektronenbahnen umschrieben wird) fordert, sondern dazu noch um den Herrschaftsbezirk, den es auch außerhalb seines Elektronensystems in Anspruch nimmt und gewissermaßen von Eindringlingen freihält. Der Durchmesser dieses thermische Bewegungen gestattenden Bereiches läßt sich aus den Minimalabständen im Raumgitter berechnen, indem man von einem Stoffe ausgehend zu komplizierteren schreitet, also etwa die Bereiche für Natriumatome aus dem Kristallbau des metallischen kristallisierten Natriums entnimmt und in den des Chlornatriums überträgt; es ergibt sich dann der Bereich für die Chloratome. Natürlich kann die übliche kugelige Zeichnung solcher Bereiche nur als Annäherungsform gelten. Der richtungsungleiche Aufbau der Atome aus Kern und Elektronenschalen sowie die ausgesprochene Lokalisierung der Valenzbetätigung am Atom weisen

¹⁾ Leptyl (entsprechend Methyl, Äthyl usw.) allgemeiner Ausdruck für solche Radikale.

auf morphologisch anisotrope Bereiche hin. Für Konstruktionen wird man somit eventuell zu rotationsellipsoidischen und dreiaxig-ellipsoidischen Raumgebilden greifen dürfen, aber auch dann noch in der Vorstellung, daß es sich dabei um Annäherungsformen an in Wirklichkeit wohl sehr verwickelte Ausgestaltungen handelt. Nimmt man hinzu, daß sich die Größe der Atombereiche, auch derselben Atomsorte, mit den physikalischen und chemischen Umständen, wie Temperatur, elektrischer Neutralität bzw. ionistischer Art und mit der jeweiligen stofflichen Umgebung ändern wird, so ist klar, daß in solchen Raumgrößen keine physikalischen Konstanten vorliegen. Dennoch ist es möglich, ihre aus Grundtypen abgeleiteten Maße zur voraussagenden feinbaulichen Konstruktion, insbesondere von noch unbekannten Gliedern einer im allgemeinen Bautypus erforschten Reihe zu benutzen.

In der Hinsicht war es möglich, in der „isotaxen“ Reihe (wie man die Glieder einer feinbaulich gleichartigen Art nennen kann) der Alkalihalogenide mit Steinsalzarchitektur das eine oder andere Glied vorauszusagen. Beim Umschlag des Bautypus, also zwischen heterotaxen Reihen, versagt natürlich eine schematische Anwendung. Auch sind Extrapolationen gewagter Natur, also

nur mit Reserve zu machen. In dem Sinne darf man vielleicht für das feinbaulich noch unbekannte Radiumoxyd in Analogie zu den sonstigen Oxyden der alkalischen Erden einen Bau entsprechend dem des BaO , und zwar mit einer Kantenlänge seines Elementarwürfels von etwa 6,06 Å. E. prophezeien.

Daß solche Überlegungen selbst bei verwickelter zusammengesetzten Stoffen nützlich werden, konnte Verfasser am Cäsiumdichlorjodid und Natriumhydrofluorid dartun. Die röntgenographischen Erkundungen stehen mit solchen Konstruktionen im Einklang. Das Interesse an diesen Erfahrungen wird aber natürlich insbesondere rege, wenn es sich nicht um isolierte Fälle, sondern um bauliche Analogien von Reihen handelt. Sei in der Hinsicht auf den morphotropischen Zusammenhang zwischen den Alkalimetallen Cäsium und Natrium einerseits und dem komplexen Halogenid CsClJCl bzw. NaFHF hingewiesen. Man findet, daß es sich dabei um den Ersatz eines Cs- bzw. Na-Atoms im körperzentrierten Metallelementarwürfel durch die Baugruppe ClJCl bzw. FHF handelt, wobei die Anordnungen der diesen substituierten Kern umwickelnden Alkaliatome sich zu neuer, und zwar trigonaler Stabilität eingestellt hat.

Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die ultraviolette Sonnenstrahlung.

Von R. Dietzius, Wien.

Das Ultraviolett bildet sowohl nach Ausdehnung als nach Intensität nur einen geringen Teil des gesamten Sonnenspektrums. Der sichtbare Teil umfaßt Wellenlängen von etwa 400 bis 760 $\text{m}\mu$ (Millimikron = milliontel mm^1). Das Ultrarot läßt sich von 760 $\text{m}\mu$ nach aufwärts bis zu etwa 14 000 $\text{m}\mu$ verfolgen. Das Ultraviolett des Sonnenspektrums reicht von 400 $\text{m}\mu$ nach abwärts unter den günstigsten Umständen kaum unter 290 $\text{m}\mu$ herab, obwohl in künstlichen Lichtquellen noch viel kurzwelligeres Licht nachweisbar ist. An Intensität (Energie pro Flächen- und Zeiteinheit) enthält das Ultraviolett nur etwa $\frac{1}{100}$ der zur Erde gelangenden Sonnenstrahlung.

Gleichwohl spielt die ultraviolette Strahlung eine große Rolle im Haushalt der Natur, da es chemische und physiologische Wirkungen hervorruft, welche das langwellige Licht nicht ausüben kann. Extrem kurzwelliges Licht ist ein Feind aller lebenden Zellen, setzt die Lebensfähigkeit der Bakterien herab und wirkt dadurch desinfizierend, schädigt aber auch lebenswichtige Zellen höherer Lebewesen. Der menschliche Körper schützt sich gegen diese Schädigung, indem bei Bestrahlung der Haut mit ultravioletem Licht das Blut zur Ausscheidung eines Pigment-

stoffes angeregt wird, welcher sich im Zellgewebe der Unterhaut ablagert, zunächst farblos ist, sich unter der Einwirkung des durch die Oberhaut dringenden diffusen Lichtes braun färbt und die tiefer liegenden Zellen gegen das weitere Vordringen der ultravioletten Strahlung schützt. Wird die Haut stark mit Ultraviolett bestrahlt, ehe ein hinreichender Strahlungsschutz entstanden ist, so entsteht eine mehr oder minder schwere Hautentzündung.

Nicht immer ist die Sonne imstande, derartige Wirkungen hervorzurufen. In der Niederung ist die Sonnenstrahlung weniger wirksam als im Gebirge. Die tief am Horizont stehende Sonne ist durchaus unfähig, die Haut zu bräunen. Dieses unterschiedliche Verhalten ist nunmehr durch einander ergänzende medizinische, physikalische und meteorologische Arbeiten aufgeklärt worden.

Durch Versuche mit einer sogenannten „künstlichen Höhensonne“ (Quarz-Quecksilberlampe), welche reichlich ultraviolettes Licht aussendet, stellten Hauser und Vahle (1) fest, daß nur die Strahlung von 265 bis 313 $\text{m}\mu$ die Fähigkeit besitzt, die Haut zu bräunen, und zwar ist es der enge Spektralbereich von 297 bis 302 $\text{m}\mu$, welcher die Hauptwirkung ausübt. Die Meteorologie lehrt uns andererseits, daß so kurze Wellenlängen im Sonnenspektrum nur dann vorhanden sind, wenn die Sonnenstrahlen keinen allzulangen Weg in der Erdatmosphäre zurückgelegt haben, da die At-

¹⁾ Anmerkung der Schriftleitung: Der Setzer hat überall $\text{m}\mu$ statt mm gesetzt. Die Schriftleitung hat die Verbesserung wegen der damit verbundenen Unkosten unterlassen.

osphäre diese Strahlen zum Teil durch diffuse Streuung und noch mehr durch Absorption sehr stark schwächt. Die Absorption nimmt mit abnehmender Wellenlänge schließlich derart rasch zu, daß bei geringem Auflösungsvermögen des Spektralapparates das Sonnenspektrum sozusagen plötzlich abbricht. Bei hohem Sonnenstand wird jenes Wellenlängengebiet, welches die Haut bräunt, noch durchgelassen, bei tiefem Sonnenstand bricht das Spektrum schon früher ab.

Die Erforschung des äußersten Ultraviolett im Sonnenspektrum stößt auf besondere Schwierigkeiten. Daß es für unser Auge unsichtbar ist, hat nicht viel zu sagen, da die photographische Platte gerade für Ultraviolett besonders empfindlich ist. Unangenehm ist dagegen, daß Glas für das äußerste Ultraviolett gänzlich undurchlässig ist. Gewöhnliches Glas ist für Strahlen bis herab zu 350 m μ fast ebenso durchsichtig wie für sichtbares Licht, dünne Gläser lassen Spuren von Licht noch bis zu 320 m μ durch. Besondere Glasarten (Uviolglas) sind bis 310 oder 300 m μ leidlich durchlässig, für das letzte Ende des Sonnenspektrums taugt aber nur ein Spektroskop, dessen sämtliche Linsen und Prismen aus Quarz bestehen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in dem raschen Abfall der Intensität mit abnehmender Wellenlänge. Die Intensität hat je nach dem Sonnenstand ein Maximum bei 600 bis 700 m μ , also im sichtbaren Gebiet. Gegen das Ultraviolett hin nimmt sie bis 320 m μ allmählich auf etwa $\frac{1}{10}$ ab. Schreiten wir von hier um den kleinen Betrag von 30 m μ weiter ins Ultraviolett, so wird sie noch millionenmal schwächer, ehe sie für unsere Meßapparate gänzlich verschwindet. Will man das ganze Gebiet des starken Abfalles auf einer und derselben photographischen Platte in einer zur photometrischen Ausmessung geeigneten Form erhalten, so muß man durch Filter die lichtstärkeren Teile des Spektrums abdunkeln, damit diese nicht überexponiert werden.

Fabry und Buisson (2) photographierten das Sonnenspektrum vom kurzwelligen Ende bis 299 m μ ohne Filter, von 299 aufwärts mußte die Strahlung durch einen Filter und von 304 m μ aufwärts noch durch einen zweiten Filter gehen. Natürlich dürfen nicht etwa gefärbte Gläser als Filter verwendet werden. Die beiden genannten Forscher erhielten geeignete Filter, indem sie von belichteten und fixierten photographischen Platten die Gelatineschicht ablösten. Da die Silberkörner, welche die Schwärzung der Platte hervorrufen, für das äußerste Ultraviolett durchsichtig sind, muß die Platte zuvor durch Behandlung mit Quecksilberchlorid und Ammoniak verstärkt werden. Die Silberkörner überziehen sich dabei mit einer schwarzen Quecksilberverbindung.

Eine weitere Schwierigkeit bietet schließlich der Rückschluß von der Schwärzung der Platte mit der Photographie des Sonnenspektrums auf die Intensität der Strahlung. Die Schwärzung ist nicht ohne weiteres ein Maß der Intensität, da

auch die Linsen und Prismen aus Quarz die Strahlung teils durch Reflexion, teils durch Absorption, teils durch Beugung (Molekulardiffraktion) schwächen und weil die photographische Platte nicht für alle Strahlen gleich empfindlich ist. *Fabry und Buisson* nahmen deshalb neben dem ultravioletten Sonnenspektrum auf derselben Platte das ultraviolette Ende des Spektrums des positiven Kraters einer Bogenlampe auf. Wie durch andere Messungen festgestellt ist, stimmt die Strahlung des positiven Kraters recht genau mit der wohlbekannten Strahlung eines schwarzen Körpers von 3750° C überein. Durch Vergleich der Schwärzung, welche die Strahlung der Bogenlampe hervorgerufen hat, mit jener, welche die Sonnenstrahlung erzeugt hat, läßt sich dann das Verhältnis beider Strahlungsintensitäten ableiten. Wenigstens gelangt man auf diese Weise zu ziemlich sicheren Relativwerten, welche es erlauben, die Intensitäten bei verschiedenen Wellenlängen im Sonnenspektrum zu vergleichen.

Führt man die ganze Messung bei zwei verschiedenen Sonnenhöhen aus oder noch besser, um die Messungen auf Fehler und die erreichte Genauigkeit prüfen zu können, im Laufe desselben Tages mehrmals bei verschiedener Sonnenhöhe, so liefert schließlich eine leichte Rechnung die Schwächung, welche die Strahlung verschiedener Wellenlängen in der Erdatmosphäre erlitten hat, andererseits Relativwerte für die Intensitätsverteilung im „extraterrestrischen“ Sonnenspektrum, das heißt, ehe die Erdatmosphäre die Strahlung um einen merklichen Betrag geschwächt hat.

Die folgende Tabelle ergibt einen Überblick über die Ergebnisse der Messungen vom 1. Juni 1920.

Strahlungsdurchlässigkeit der Erdatmosphäre und Intensität des Sonnenspektrums im äußersten Ultraviolett, I_0 vor, I nach Schwächung durch die Erdatmosphäre.

λ	t	I_0	I
314,3	0,145	15,5	2,24
310,4	0,102	14,7	1,51
305,2	0,039	25,6	1,02
302,2	0,017	15,8	0,27
299,7	0,0060	21,8	0,132
296,3	0,00079	16,6	0,0132
295,6	0,00047	16,2	0,0076
294,6	0,000186	13,5	0,0025
293,6	0,000076	14,1	0,0011
293,1	0,000044	12,6	0,00055
292,2	0,000015	14,5	0,00022
291,7	0,0000083	10,5	0,000087
291,2	0,0000041	7,4	0,000030
290,6	0,0000017	2,5	0,000004
289,8	0,0000004	4,5	0,000002

Die mit λ überschriebene Zahlenreihe bedeutet die Wellenlänge in Millimikron, die nächste mit t überschriebene Reihe den sogenannten Transmissionskoeffizienten (Lichtdurchlässigkeit), d. h. den Bruchteil der Strahlung, welcher von der Erdatmosphäre bei im Zenit stehender Sonne

durchgelassen wird. Die mit I_0 überschriebenen Zahlen geben die Intensität der Sonnenstrahlung vor Eintritt in die Erdatmosphäre, die mit I überschriebenen Zahlen die Intensität, welche bestenfalls, das ist bei im Zenit stehender Sonne, zur Erde gelangt.

Die Intensität I_0 des extraterrestrischen Sonnenspektrums nimmt mit abnehmender Wellenlänge bei weitem nicht so stark ab als die Intensität I der zum Boden gelangenden Strahlung. Der Abfall von I_0 entspricht ungefähr jenem Abfall, welchen die Theorie fordert, wenn man annimmt, daß die Sonne wie ein schwarzer Körper von der effektiven Temperatur der Sonne (nicht ganz 6000° abs.) strahlt. Doch ist der Abfall weniger gleichmäßig, etwas stufenartig. Die Ursache sind Gruppen von dunklen (relativ zur Umgebung, nicht absolut) Fraunhoferschen Linien, welche schon durch die äußeren, kühleren Schichten der Sonnenatmosphäre hervorgerufen werden und sich im Ultraviolett häufen.

Wenn wir nach der Ursache der durch den Transmissionskoeffizienten t gekennzeichneten Schwächung der Strahlung durch die Erdatmosphäre fragen, müssen wir bedenken, daß hier mehrere Ursachen zusammenwirken. Alle Teile des Spektrums werden durch die Erdatmosphäre geschwächt, im allgemeinen die kurzwellige Strahlung stärker als die langwellige. Ursache dieser allgemeinen Schwächung ist die Beugung (Molekulardiffraktion) des Lichtes an den Luftmolekeln, welche einen Teil der Strahlung nach allen möglichen Richtungen zerstreuen. Ein Teil kehrt in den Weltraum zurück, ein anderer Teil kommt als diffuses Himmelslicht auf Umwegen schließlich doch noch zur Erde. Die Rechnung (Rayleighs Theorie) lehrt, daß diese Molekulardiffraktion das senkrecht einfallende Sonnenlicht in dem hier behandelten Wellenlängenbereich um 56 bis 62 % schwächt (für Bergstationen wäre die Schwächung geringer).

Eine weitere Schwächung geschieht durch Beugung und Zerstreuung an etwas größeren in der Luft schwebenden Teilchen (Staub, komplexen Wasserdampfmolekeln, kleinen Nebeltröpfchen), die auch an heiteren Tagen nie gänzlich fehlen. Der Betrag dieser Schwächung ist von Fall zu Fall verschieden, läßt sich aber aus den jeweiligen Beobachtungen ableiten. Nach *Fabry* und *Buisson* wurde durch beide Arten von Beugung zusammen die ultraviolette Strahlung am 7. Juni 1920 auf den Bruchteil 0,25 bis 0,19 der extraterrestrischen Strahlung herabgesetzt. Da aber die berechneten Transmissionskoeffizienten im äußersten Ultraviolett viel kleiner sind, muß der Hauptteil dieser Lichtschwächung eine besondere Ursache haben. Als solche kommt nur die Absorption durch irgend einen Bestandteil der Luft in Betracht.

Die Hauptbestandteile der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, sind an dieser Schwächung unschuldig, denn sie zeigen nach Versuchen im Laboratorium in diesem Spektralgebiet keine

merkliche Absorption. Auch Wasserdampf und Kohlensäure absorbieren diese Strahlung nicht in nennenswerter Weise. Ozon ist hingegen für kurzwelliges Licht unterhalb 310 $m\mu$ schon in dünnen Schichten nahezu ebenso undurchsichtig wie etwa Holz für gewöhnliches Licht.

Daß wirklich das Ozon schuld daran ist, daß das Sonnenspektrum bei etwa 289 $m\mu$ abbricht, kann kaum mehr bezweifelt werden, nachdem feststeht, daß die Lichtschwächung tatsächlich derart ist, daß sie durch eine ozonhaltige Luftschicht erklärt werden kann. *Fabry* und *Buisson* (3) hatten zu diesem Zwecke Voruntersuchungen im Laboratorium über die Strahlungsdurchlässigkeit des Ozons angestellt. Auf Grund dieser Messungen berechneten sie sodann, wie groß die Ozonmenge sein mußte, welche die gleiche Lichtschwächung hervorruft, als im Sonnenspektrum beobachtet wird. Trotz der großen Verschiedenheit der Transmissionskoeffizienten, die mit abnehmender Wellenlänge von etwa $\frac{1}{10}$ auf weniger als 1 Millionteil abnehmen, fanden sie in recht guter Übereinstimmung für alle Wellenlängen als Dicke der wirksamen Ozonschicht etwa 0,3 cm (am 7. Juni 1920 0,325 cm); dies wäre die Dicke der Schicht reinen Ozons unter Atmosphärendruck, welche die beobachtete Absorptionswirkung ausüben würde.

Ozon ist in dem uns zugänglichen unteren Teil der Atmosphäre gewiß vorhanden, aber nur in äußerst geringer, quantitativ kaum nachweisbarer Menge. *R. I. Strutt* (Lord *Rayleigh* jun.) (4) untersuchte mit einem Quarzspektroskop die Strahlung, die von einer Quarzlampe in 6,45 km Entfernung kam. Er fand, daß die irdische Luft noch viel kürzere Wellenlängen durchläßt, als im Sonnenspektrum vorkommen, mindestens bis zur Quecksilberlinie 231,3 $m\mu$, mithin das ganze Gebiet, in welchem die Absorption des Ozons am stärksten (das Maximum liegt bei 260 $m\mu$) und noch viel stärker als für das ultraviolette Ende der Sonnenstrahlung ist. Allerdings wird das äußerste Ultraviolett viel stärker geschwächt als die langwellige Strahlung, dies ist aber auch nicht zu verwundern, da nach der Theorie der Strahlungsverlust durch Beugung an den Luftmolekeln bei diesen kurzen Wellenlängen sehr groß wird (die Strahlung auf weniger als $\frac{1}{1000}$ herabgesetzt). Aber selbst, wenn die Theorie falsch und der ganze Strahlungsverlust dem Ozon in die Schuhe zu schieben wäre, würde dazu eine Ozonschicht von 0,026 cm ausreichen. Mit zunehmender Schichtdicke nimmt die Absorptionswirkung nach einem Exponentialgesetz äußerst rasch zu. Die von *Fabry* und *Buisson* mit 0,325 cm berechnete wirksame Ozonschicht hätte bei *Strutts* Versuch in der Absorptionsbande des Ozons das Licht im Verhältnis von 1 : 10^{-33} , das ist bis zu einem zweifellos unmerklichen Betrag schwächen müssen.

Man ist dadurch gezwungen, den Sitz des Ozons, welches das Sonnenspektrum im Ultraviolett abschneidet, in große Höhen zu verlegen.

Es läßt sich tatsächlich ein Grund angeben, der diese Annahme wahrscheinlich macht. Lassen wir im Laboratorium ultraviolette Strahlung kleiner als 180 m μ durch ein Quarzfenster in ein Gefäß mit Luft fallen, so wird ein Teil des Sauerstoffes der Luft in Ozon umgewandelt. Derartig kurzwellige Strahlung wird von Luft gewöhnlicher Dicke schon auf wenige Meter Entfernung vollständig absorbiert, es wird also von der ozonisierend wirkenden Sonnenstrahlung keine Spur bis zur Erde gelangen. Dagegen wird in einer Höhe von mindestens 40 km, wo die Luft bereits sehr dünn ist, noch ein merklicher Betrag dieser wirksamen Strahlung vorhanden sein. Andererseits besitzt die vom Ozon absorbierte etwas langwelligere Strahlung von 200 bis 280 m μ die Fähigkeit, Ozon zu zerstören (in Sauerstoff umzuwandeln). In großen Höhen werden beide Prozesse gleichzeitig verlaufen und praktisch sich ein Gleichgewicht herausstellen, bei welchem stets ebenso viel zerstört wie neu gebildet wird.

Die Dicke der von *Fabry* und *Buisson* berechneten wirksamen Ozonschicht ist nicht immer gleich. An 14 Tagen ergeben die Beobachtungen Werte, die zwischen 0,275 und 0,335 schwanken. Infolge der eigentümlichen Exponentialform des Absorptionsgesetzes übt diese geringe Schwankung doch erhebliche Wirkungen aus. Für Wellenlängen größer als 314 m μ ist die Absorptionswirkung des Ozons so gering, daß bei hohem Sonnenstand etwas mehr oder weniger Ozon ziemlich belanglos ist. Für das äußerste Ultraviolett von 289,8 m μ würde aber bei einer Steigerung der Ozonmenge von 0,275 auf 0,335 cm der Transmissionskoeffizient von 4,2 Milliontel auf 0,28 Milliontel, also auf $\frac{1}{15}$ des ursprünglichen Wertes sinken. In gleicher Weise wie eine Zunahme der Ozonmenge wirkt verringerter Höhenwinkel der Sonne, da mit schrägerem Einfall der Strahlen der Weg durch das absorbierende Ozon verlängert wird. Mit sinkender Sonne nimmt also das Ultraviolett jenseits von 314 m μ viel rascher ab als die etwas weniger kurzwellige Strahlung.

Unser Sonnenspektrum zeigt auch noch andere Absorptionsbanden des Ozons. Eine liegt bei

330 m μ ebenfalls im Ultraviolett (5), aber nicht mehr am äußersten Ende, eine zweite bei 10 000 m μ , weit im Ultrarot. In beiden Gebieten ist die Absorption viel geringer. Aber auch hier ist die in Bodennähe vorhandene Ozonmenge viel zu gering, um die Absorptionsbanden zu erklären. Für einen hohen Sitz des wirksamen Ozons spricht auch der Umstand, daß es nicht gelungen ist, bei Hochfahrten im Ballon das Sonnenspektrum weiter ins Ultraviolett zu verfolgen. *Wigand* (6) kam bei einer Hochfahrt auf 9000 m bis 289,6 m μ , *Fabry* und *Buisson* in Marseille bei Beobachtung vom Erdboden aus bis 288,5 m μ , allerdings nur dank einer Exposition von 75 Minuten bei der photographischen Aufnahme.

Würde man die wirksame Ozonschicht von 0,3 cm Dicke gleichmäßig in der Atmosphäre verteilen, so würde sie dem Volumen nach 0,4 Milliontel der irdischen Atmosphäre betragen. Wenn man bedenkt, daß die Ozonmenge im wesentlichen oberhalb 40 km liegen muß, so folgt, daß das Ozon in diesen Höhen etwa 4 Tausendstel Volumprozent bildet oder, was auf dasselbe herauskommt, $\frac{1}{3000}$ des in großer Höhe vorhandenen Sauerstoffes. So gering diese Ozonmenge ist, spielt sie doch eine wichtige Rolle für Pflanzen- und Tierwelt der Erde, da sie den chemisch und physiologisch wirksamsten Teil der Strahlung abhält und nur bei hohem Sonnenstand einen kleinen Rest dieser Strahlung durchläßt.

Literatur.

1. *Hauscr* und *Vahle*, Strahlentherapie, Bd. 13 (1921), S. 41.
2. *Fabry* und *Buisson*, A study of the ultra-violet end of the solar spectrum. *Astroph. Journ.* 54 (1921), S. 297.
3. *Fabry* und *Buisson*, L'absorption de l'ultraviolet par l'ozone et la limite du spectre solaire. *Journ. de Phys.*, 5. Serie, 3 (1913), S. 196.
4. *Strutt*, Ultra-violet transparency of the lower atmosphere, and its relative poverty in ozone. *Proc. R. Soc. A* 94 (1918), S. 260.
5. *Fowler* und *Strutt*, Absorption bands of atmospheric ozone in the spectra of sun and stars. *Proc. R. Soc. A* 93 (1917), S. 577.
6. *Wigand*, Das ultraviolette Ende des Sonnenspektrums in verschiedenen Höhen bis 9000 m. *Ber. d. D. Phys. Ges.* 1913, S. 1090. Auszug auch *Meteor. ZS.* 1914, S. 192.

Besprechungen.

Krische, Paul, Das Kali. Die Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung. 1. Teil: Die Geschichte der Kalisalze, die Entwicklung der deutschen Kaliindustrie und die Verbreitung des Kaliums in der Natur (Kaliquellen). Stuttgart, Ferd. Enke, 1923. XII, 382 S., 22 Abbild. und 46 Tabellen und Pläne. Preis Gz. 15.

Die Quellen des Schrifttums über das Kali fließen im allgemeinen nicht sehr reichlich; um so lieber darf eine zusammenfassende Übersicht wie die vorliegende, noch dazu von einem bestens berufenen Verfasser, begrüßt werden.

So mannigfaltig die Rolle ist, die das Element Kalium als Gesteinsbildner, als Baustein im Pflanzen-

und Tierkörper und als Mittler industrieller Geschehnisse spielt, so bunt und wechselvoll ist auch seine Geschichte, und man kann dem Verfasser die Anerkennung nicht versagen, daß es ihm im allgemeinen gelungen ist, den zwar anziehenden, aber oft auch spröden Stoff zu meistern und dem Leser gut gegliedert und gruppiert nahezubringen, wenn freilich auch hier und da kleine Lücken und Unstimmigkeiten stehen geblieben sein mögen. Daß das Kali nach Seite 1 Zeile 2 auch mit Namen gekennzeichnet schon in „prähistorischer“ Zeit bekannt gewesen sein soll, kann wohl nicht gut behauptet werden, und es sollte wohl heißen: „vor unserer Zeitrechnung“. Wenn weiter in der Geschichte des Kaliums (des Metalls) mitgeteilt wird, daß es (das Kalium!) bei den Seifen- und Glasmachern

Verwendung fand, so kann das bei Laien zu schweren Mißverständnissen führen. Einigem Zweifel dürfte auch die Seite 118 wiedergegebene Auffassung begegnen, daß Kunstdünger früher angewendet sein soll als Stallmist, Jauche u. dgl. In den im übrigen mit dankenswerter Vollständigkeit zusammengestellten Notizen über die Geschichte der einzelnen Kaliverbindungen hätte auch das Kaliwasserglas ein Plätzchen finden dürfen, zumal so abliegende Körper wie Phosphorkalium und Kohlenstoffkalium der Ehre der Erwähnung nicht entgangen sind. Nur beiläufig und zur Vermeidung von historischen Irrtümern sei darauf hingewiesen, daß auf Seite 17 wohl der Druckfehlerteufel für den Baubeginn der ersten Kalischächte in Staßfurt das Jahr 1856 eingeschmuggelt hat, während Seite 45 richtig die Jahre 51, 52 angibt.

Zur Geschichte der Geologie und Physik der Kalisalzlager erscheint uns zu unrecht die Barrentheorie von *Ochsenius* als abgetan betrachtet zu werden, denn sie ist noch immer trotz gewisser kritischer Einwände besser als alle späteren Erklärungsversuche geeignet, die organischen Salzablagerungen in Übereinstimmung mit *van't Hoff's* klassischen Untersuchungen zu erklären.

Bis zur Aufschließung der Staßfurter Salzlager befand sich die Kaliindustrie gleichsam in einem embryonalen Zustande. Die dann einsetzende Entwicklung, namentlich der vielen Kartelle, des Absatzes usw. konnte wohl kaum jemand besser in solcher Vollständigkeit darstellen als der Verfasser, dem als Bibliothekar des Kalisyndikates dessen reiche Archive und seine wohl unbestritten vollständigste Sammlung der einschlägigen Literatur ungesucht und dauernd zur Verfügung stehen. Bei alledem wird es nicht immer leicht sein, dem Verfasser bei seinem Bemühen nach genauer Gliederung zu folgen, denn ein Vordringen bis zu einem „sechsten Vollsyndikat“ gleichzeitig als „siebente Syndikatsperiode“, „neuntes Syndikat“ und „achtes Verkaufssyndikat“ wird nur wenigen ohne Verwirrung beschieden sein, die nicht selbst einen großen Teil der Entwicklung mit erlebt haben.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die sehr wertvollen Mitteilungen über die im besten Sinne muster-gültigen Einrichtungen der Propagandaabteilung und Agrikulturabteilung des Kalisyndikates, deren Arbeitsstätten sich über den ganzen Erdball erstrecken, und die vielleicht gerade deshalb sich sehr bedeutsamer Erfolge zu erfreuen hatten, weil sie sich nicht von plump vordringlichen geschäftlichen, sondern mehr von vornehm wissenschaftlichen Gesichtspunkten haben leiten lassen. Im gleichen Geiste ist auch eine seit vielen Jahren vom Kalisyndikat unter Redaktion des Verfassers herausgegebene gut ausgestattete Zeitschrift „Die Ernährung der Pflanze“ gehalten.

Eine erst 1919 gegründete an das Kalisyndikat angegliederte „Kaliforschungsanstalt“ in Staßfurt hat sich leider von engherzigen geschäftlichen Interessen bisher nicht freizumachen gewußt, und ihre im geheimen gepflegten Arbeiten werden deshalb, trotzdem sie von ausgezeichneten und bewährten Männern geleitet werden, die Stagnation, in die die Technik der Kalisalzverarbeitung nach *Kain* eingetreten sein soll (Seite 117), vielmehr verewigen statt sie zu überwinden, denn lebendige und lebensfähige Fortschritte werden letzten Endes nur erreicht in kräftiger Fühlungnahme mit der großen wissenschaftlichen Welt.

Die mit dem Jahre 1910 einsetzenden Experimente, eine gesetzliche Regelung der Kaliwirtschaft zu schaffen, eröffnen für viele Kenner der Verhältnisse mancherlei unerfreuliche Ausblicke, ebenso wie die Wut der Gesetzesmacherei auf anderen Gebieten, und

wir möchten nicht glauben, daß die in neuester Zeit angestrebte planwirtschaftliche Regelung geeignet ist, eine produktivere „überflüssige Zwiste, Vorurteile, Mißverständnisse ausschaltende Zusammenarbeit von Arbeitgebern und Arbeitnehmern zum Vorteil der Allgemeinheit und der Produktivität der Industrie“ zu erreichen. Jedenfalls hat die ältere Kaliindustrie sehr ansehnliche, z. T. unübertroffene Einzelleistungen zu verzeichnen gehabt, als man von Horizontal- und Vertikalwirtschaft und all den schönen Schlagworten noch nichts wußte.

Den Beschluß des vorliegenden Bandes bildet eine sehr wertvolle und in ihrer Vollständigkeit bisher nicht erreichte Zusammenstellung der natürlichen Kaliquellen und daran anknüpfend der vielfachen meist von geringem Erfolge begleiteten Versuche einer Verwertung jener Quellen. Beiläufig bemerkt, beträgt der Kalivorrat unserer Ozeane nicht 450 Millionen, sondern 450 Billionen Tonnen Kali (Seite 347).

Alles in allem reiht sich das neue Buch würdig den vielen Veröffentlichungen des sachkundigen und feder-gewandten Verfassers an. Um so mehr sind die hier und da stehen gebliebenen und z. T. schon erwähnten Flüchtigkeiten zu bedauern; Ausdrücke aber wie „die kochsalzhaltige Grenze“ (Seite 215) und „der schwefelsaure Gehalt“ (Seite 219), auch der „salzsaure Chlorkalk“ (Seite 40) wirken wie Tintenkleckse in einem sonst ordentlich geschriebenen Manuskript.

K. Kubierschky, Eisenach.

Arndt, Kurt, Handbuch der physikalisch-chemischen Technik für Forscher und Techniker. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1923. XV, 886 S. und 658 Abbildungen. 16 × 25 cm. Preis Gz. 28,50.

Während die bekannten Werke von *Ostwald-Luther* und *Roth* in erster Linie dem Hochschulunterricht dienen; soll das Arndtsche Handbuch ein Berater für die Methodik wissenschaftlicher und technischer Untersuchungen physikalisch-chemischer Natur sein. Es ist nicht für den Lehrling bestimmt, der durch Übungsaufgaben die gebräuchliche Versuchstechnik kennen lernen will, sondern für Gesellen und Meister, die es verstehen, aus dem vorhandenen Handwerkszeug das für ihre besonderen Zwecke Geeignete herauszusuchen. Damit ist schon gesagt, daß der Verfasser auf eine kritische Verarbeitung des Stoffes im allgemeinen verzichtet hat und sich objektiv referierend verhält. — Die praktische Ausführung der Verfahren, der Aufbau und die Handhabung der Apparate sind hierbei durchaus in den Vordergrund gerückt, während die Theorie nur gelegentlich gestreift, nirgends erschöpfend behandelt wird. — Der Verfasser war sich darüber klar, daß er bei der Abgrenzung des Stoffes gegen die Chemie einerseits, gegen die Physik andererseits nicht allen Wünschen und Bedürfnissen gerecht werden konnte, und hat nach bestem Können eine mittlere Linie einzuhalten versucht.

Nach einem kurzen, aber nicht unwichtigen Abschnitt (6–35) über „Handfertigkeiten“ schildert der erste Hauptteil (35–186) des Werkes die Hilfsgeräte und ihren Gebrauch; hierunter sind verstanden Heizvorrichtungen, Pumpen aller Art, Thermostaten, Rührer und Druckregler. Den Kern des Werkes bildet der 2. Hauptteil (187–860): „Meßgeräte und ihr Gebrauch“; sie werden in den folgenden Abschnitten behandelt: Masse — Länge — Fläche — Raum — Dichte; Gas-, Teil- und osmotische Drucke; Löslichkeit; Zeit; Temperatur (Schmelzpunkt und Kochpunkt); Wärmemenge; Spezifische Wärme; Zähigkeit; Oberflächen-spannung; Diffusion; Elektrischer Leitwert; Dielektri-

zitätskonstante; Überführungszahl; Coulometer; Elektrische Spannungen (EMK); Optische Messungen. Man sieht, die Ordnung ist vorwiegend nach physikalischen Gesichtspunkten erfolgt.

Auf die Schwächen der Arndtschen Darstellung hat bereits bei der Besprechung der ersten Auflage (Naturwissenschaften 3, 1915, 610) ein sachverständiger Berichterstatter hingewiesen. Sie liegen vor allem darin, daß der Umfang einzelner Abschnitte nicht immer der Bedeutung des behandelten Gegenstandes angepaßt ist und daß mancherlei fehlt, was man in einem Handbuche nicht vermissen möchte. Auch die neue Auflage, in der „vieles Neue hinzugefügt, wenigstens fortgelassen und einige Teile gründlich umgeformt“ sind, ist von diesen Mängeln nicht frei, und es muß befremden, daß man — abgesehen von der absichtlich fortgelassenen Radioaktivität — auch kein Wort von der Technik der Reaktionsgeschwindigkeiten oder der Röntgenspektroskopie findet. Trotzdem muß anerkannt werden, daß Arndt eine sehr fleißige und wertvolle Arbeit geliefert hat; ein ungemein großes, z. T. schwierig verständliches Material ist hier gesammelt, geordnet und meistens auch klar und verständlich dargestellt, so daß dem Forscher in vielen Fällen ein Zurückgreifen auf die Originalabhandlung erspart wird. Daß ein Einzelner die große Arbeit, die in diesem Werke steckt, auf sich genommen und erfolgreich durchgeführt hat, muß besonders anerkannt werden in einer Zeit, die den Wert literarischer Leistungen weder ideell noch materiell richtig einzuschätzen geneigt ist.

Das Beispiel einiger großer Experimentatoren, die der Schreibtischarbeit abgeneigt waren, hat — in der Chemie wenigstens — zu der weit verbreiteten Meinung geführt, daß experimentelle Betätigung wesentlich höher zu bewerten sei als „Bücherschreiben“; demgegenüber darf man auf Berzelius, Liebig oder Ostwald hinweisen, die durch ihre Schriften Wissenschaft und Technik nicht weniger gefördert haben als durch ihre experimentellen Arbeiten. Nun ist nicht jeder, der Bücher schreibt, ein Liebig; aber auch nicht jeder, der Versuche macht, ist ein Berzelius. Eine gerechte Würdigung der literarischen Arbeit — sofern sie gut ist — könnte dem Wissenschaftsbetriebe manche wertvolle Kraft zuführen, die jetzt brach liegt; sie würde aber auch dazu beitragen, den Stand der literarischen Produktion zu heben. I. Koppel, Berlin-Pankow.

Deite, C. †, und J. Kellner, Das Glycerin. Gewinnung, Veredelung, Untersuchung und Verwendung sowie die Glycerinersatzmittel. Berlin, Julius Springer, 1923. VIII, 449 S. und 78 Abbildungen. 15 × 23 cm. Preis Gz. 14.

In einem stattlichen Bande von mehr als 400 Seiten und geziert mit mehr als 70, teilweise vorzüglich ausgeführten Abbildungen, liegt eine Monographie über das Glycerin und seine Ersatzmittel vor. Die erste seit langer Zeit. Verantwortlich zeichnen für das Werk die rühmlichst bekannten Spezialkenner dieses Gebiets, der unlängst verstorbene Dr. C. Deite und der bekannte technische Leiter der Schichtwerke, Herr J. Kellner. Das Werk erfüllt ein seit langem vorhandenes Bedürfnis. Die Kenntnis des Glycerins, seiner Erzeugung, seiner Reinigung und seiner Verwendung ist für eine sehr große Anzahl von Berufen heute unentbehrlich geworden. In verhältnismäßig kurzer Zeit hat das Glycerin eine derartige Bedeutung für die Industrie und auch für den Handel gewonnen, daß schon in Friedenszeiten der Gesamtumsatz in diesem Artikel auf mehr als 30 Millionen Dollar geschätzt werden konnte. Unzählige Industrien, allen voran natürlich die Sprengstoffindustrie, verwenden das Glycerin in seinen verschie-

denen Reinheitsgraden, und der Konsum würde wahrscheinlich ein noch viel größerer sein, wenn sich nicht spekulative Elemente des Artikels bemächtigt und damit seine Preisstellung stark beeinflusst hätten.

Aus alledem geht hervor, von wie großer Bedeutung es für zahlreiche Industriezweige sein mußte, endlich einmal ein den modernsten Anforderungen Rechnung tragendes Kompendium über Wesen und Verwendung des Glycerins in Händen zu haben. Das Deite-Kellner-Werk faßt seine Aufgabe sehr weit. Es beschränkt sich nicht nur auf die Schilderung der Eigenschaften, der Untersuchungsmethoden und der Verwendungsart des Glycerins, sondern es beschreibt auch die Ausgangsmaterialien, aus welchen das Glycerin in Großbetrieben gewonnen wird, mit größter Ausführlichkeit. Nach einer kurzen Einleitung über die Geschichte der Glycerinfabrikation gehen die Verfasser zu einer Beschreibung aller für die technische Gewinnung von Glycerin erforderlichen Fette und Öle über. So findet der Seifenfabrikant und der Stearinfabrikant, bei welchem ja das Glycerin in erster Linie als Nebenprodukt abfällt, alles Wissenswerte über die Natur seiner Rohmaterialien zusammengestellt. Daß dabei stets auf die Frage der Glyceringewinnung besondere Rücksicht genommen und z. B. bei jedem Fett die zu erwartende Ausbeute an Glycerin mitgeteilt wird, erscheint selbstverständlich. Aber nicht nur auf die Schilderung der Ausgangsmaterialien beschränken sich die Verfasser, sondern die Untersuchung der Fette und Öle wird kurz, aber erschöpfend beschrieben.

Nach dieser ausführlichen Einleitung gehen die Verfasser auf die verschiedenen Methoden der Glyceringewinnung über. Bis zu den neuesten und modernsten Verfahren, selbst wenn diese mehr von theoretischem als praktischem Interesse sind, werden alle Methoden der Glyceringewinnung systematisch und kritisch abgehandelt. In einem besonderen Kapitel werden sie ihrem Werte nach verglichen und gegenübergestellt. Anhangsweise werden auch die im Kriege gefundenen und ausgearbeiteten Methoden der Glyceringewinnung durch Gärung abgehandelt, auch die rein theoretischen Verfahren zur Erzeugung von synthetischen Glycerinen gestreift.

Im nächsten Abschnitt wird die Verwendung der Glycerine beschrieben: die Raffination und die Destillation. Erstere, welche praktisch kaum mehr Anwendung finden dürfte, nimmt vielleicht einen etwas allzu breiten Raum ein, denn es dürfte kaum mehr eine moderne Glycerinfabrik geben, welche sich mit der Raffination von Rohglycerin durch Knochenkohle und der umständlichen Wiederbelebung dieses Raffinationsmaterials beschäftigt. Mit gebührender Ausführlichkeit dagegen sind die verschiedenen Destillationsverfahren abgehandelt. Eine Zusammenstellung der Anforderungen der diversen Arzneibücher ist für den Fachmann besonders dankenswert, und es ist nicht ohne Interesse, zu vergleichen, in wie verschiedener Weise die diversen Länder den Reinheitsgrad der Glycerine prüfen. Besonders gefürchtet sind nach dieser Richtung hin die englische und die japanische Pharmacopöe. Im nächsten Abschnitt werden die verschiedenen Untersuchungsmethoden des Glycerins besprochen. Hier wäre vielleicht eine Kritik der diversen Verfahren erwünscht gewesen. Die Verfasser beschränken sich darauf, die verschiedenen Methoden der Reinheitsprüfung nacheinander abzuhandeln. Es ist dabei Rücksicht darauf genommen, daß auch der chemische Laie (Laborant oder dergl.) die Untersuchungen mit gebührender Genauigkeit vornehmen kann, auch der kleinste Handgriff ist auf das anschaulichste beschrieben.

Im letzten Abschnitt endlich wird über die Verwendung des Glycerins und seiner Ersatzmittel gehandelt.

In Anlehnung an eine alte Veröffentlichung der früher recht bedeutenden Glyzerinfabrik Eisenbüttel in Braunschweig werden ca. 30 verschiedene Anwendungsformen des Glycerins besprochen. Manche davon sind in einer modernen Zeit an Bedeutung zurückgetreten, andere dagegen hätten vielleicht etwas ausführlicher durchgesprochen werden können, z. B. ist die Verwendung des Glycerins in der Tabakfabrikation von so hervorragender Wichtigkeit geworden, daß vielleicht einige Worte mehr darüber von den Verfassern hätten gesagt werden können. Man geht wohl nicht fehl, wenn man die Verwendung des Glycerins in der Tabakindustrie als die zweit wichtigste nach der Verwendung in der Sprengstoffindustrie anspricht.

Eine kurze Besprechung der Glycerinersatzmittel bildet das Schlußkapitel des Werkes. Ein vollständig zusammengestelltes Namen- und Sachverzeichnis erleichtert das Nachschlagen. Alles zusammengefaßt, kann nur wiederholt ausgesprochen werden, daß das Deite-Kellner-Werk einem vielfach zutage getretenen Bedürfnis entspricht und sicherlich sowohl in den Kreisen der Glyzerinfabrikanten wie in den Kreisen der Glyzerinkonsumenten zahlreiche Freunde gewinnen wird.

W. Connstein, Berlin.

Gesammelte Abhandlungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie aus den Jahren 1920 bis 1922. 518 S.

Es ist eine allgemeine und wichtige Frage, wie man den immer breiter und mächtiger werdenden Strom der Naturwissenschaften in einem tiefen Bett zusammenhält und verhält, daß er nicht in unzähligen Bächen und Rinnsalen versickert. Die Gefahr, daß die Zersplitterung in Einzelfächer immer stärker wird und der Zusammenhang zwischen diesen immer lockerer, ist vorhanden und muß bekämpft werden, ohne daß man die Vorteile des ausgesprochenen Fachwissens, Gründlichkeit und Genauigkeit, dabei opfert. Hier haben die Forschungsinstitute eine Aufgabe, für die sie besonders geschaffen sind. Denn in ihnen arbeiten meist Fachleute oft recht verschiedener Richtung, und allein die räumliche Nähe bringt es leicht mit sich, daß sie sich gegenseitig anregen, Nachbargebiete näher vor die Augen gerückt erhalten und so einen weiteren Ausblick gewinnen. Und ganz besonders gilt dies von den Forschungsinstituten, die sich bestimmten technischen Fragen widmen. Denn soll die Wissenschaft wirklich und gründlich die Industrie befruchten und fördern, so darf sie nicht zu einseitig sein. Ein technischer Prozeß läßt sich selten von einem einzigen Fachgebiet aus verstehen und erklären. Der sogenannte Gegensatz zwischen Theorie und Praxis beruht vielfach darauf, daß die Theorie allzu einseitig den verschiedenen Stufen des technischen Prozesses nicht gerecht wird. Der Theoretiker sucht etwa alles vom Standpunkte der Phasenlehre aus zu erklären und übersieht, daß die schlechte Filtrierbarkeit eines Niederschlages entscheidend ist, ein Mangel, der sich am Ende nur durch Berücksichtigen kolloidchemischer Einflüsse beheben läßt.

Gedanken dieser Art werden geweckt, wenn man den Band gesammelter Abhandlungen des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie aus den Jahren 1920 bis 1922 durchblättert und von neuem überrascht ist, wie hier versucht wird, auf der breitesten Grundlage die Theorie für die Praxis auszubauen. Auf der einen Seite organisch-chemische Untersuchungen von *Bergmann* und seinen Mitarbeitern, die mit der Erforschung des feineren Baues der Zucker den Weg zum Verständnis der Zellulose bahnen. Die Aufklärung der Konstitution des Glukals ragt als bemerkenswertes Ergebnis hervor. Auf der anderen Seite rein physikalische Versuche, in die Struktur der Faser mit Hilfe der Röntgenspektroskopie einzudringen. Hier sind als besondere Erfolge zu verzeichnen: *Herzog* und *Jancke* konnten gleichzeitig mit *Scherrer* nachweisen, daß die Mizellen der Zellulose kristallinisch sind, und *Polanyi* und seinen Mitarbeitern gelang es, die charakteristischen Röntgenspektrogramme, die durch die Faserstruktur verursacht werden, aufzuklären. Versuche an Metalldrähten, sowohl „gezogenen“ Drähten wie Einkristallfäden, gehen nebenher. Das Röntgenogramm der ersteren bestätigt die Theorie der Faserstruktur. Die höchst eigenartigen Erscheinungen beim Dehnen von Einkristalldrähten, die sich dabei, je nach der Gleitebene bandartig ausziehen lassen, lehren, wie man beim Dehnen von Fasern nicht nur mit einer Verschiebung der Kristallite rechnen muß, sondern auch mit wichtigen Veränderungen an den einzelnen Kristalliten selbst. Daß die Frage nach der Dehnbarkeit der Fasern, noch mehr als die nach ihrer Reißfestigkeit, für ihr ganzes Verhalten nach der technologischen Seite hin bedeutsam ist, leuchtet ein.

Es liegt in der Natur der Sache, daß diese technologischen Arbeiten des Instituts in der Sammlung von Abhandlungen weniger zur Geltung kommen. In welcher Richtung sie sich zum Teil bewegen, geht aber namentlich aus dem letzten Aufsatz des Bandes, einem Vortrag von *Herzog*, hervor. Hier wird u. a. geschildert, wie man mit Hilfe geeigneter Prüfverfahren zahlenmäßig die Eigenschaften der Fasern, vor allem die der Wolle, und der aus ihnen hergestellten Tuche zu fassen vermag, etwa die Dehnbarkeit, die Abreibbarkeit u. a. m. Man gewinnt so die Möglichkeit, die Fabrikation zu verfolgen und sie zu verbessern, sobald man die Ursache der wünschenswerten Eigenschaften sichergestellt hat.

Man kann nur von Herzen wünschen, daß das Institut mit ähnlichem Erfolge weiter arbeiten wird, trotz der Schwierigkeiten, die sich in der Zukunft auftürmen. Gut und tröstlich bleibt es, daß die Lebenskraft der Naturwissenschaften unvernichtbar ist. Selbst in den Ländern, die am schlimmsten unter den Stürmen der Zeit leiden und gelitten haben, keimen sie von neuem empor, wenn die Trümmer der Zerstörung kaum weggeräumt sind. Der Drang nach Erkenntnis und nach einem Bemeistern der Natur ist eben nicht nur eine Freude, die sich Einzelne gönnen dürfen, sondern eine Notwendigkeit, von der das Leben von Millionen abhängt.

H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Zur Auffassung des Raumbegriffes.

In dem 34. Hefte der Naturwissenschaften hat Herr *Seeliger* einen beachtenswerten Vorschlag zu einer „neuen“ Auffassung des Raumbegriffs gemacht. Für den Leserkreis der Naturwissenschaften dürfte vielleicht der Hinweis von Interesse sein, daß vor reichlich zwanzig Jahren *Eduard von Hartmann* in seinen leider

viel zu wenig bekannten erkenntnistheoretischen Schriften einen Raumbegriff entwickelt hat, der in seinen Hauptmerkmalen mit dem von Herrn *Seeliger* vorgeschlagenen übereinstimmt.

In seiner Kategorienlehre sowie in dem naturphilosophischen Teil seines „Systems der Philosophie im Grundriß“ und in der „Weltanschauung der modernen

Physik“ behandelt *E. v. Hartmann* im Zusammenhang mit seiner dynamischen Weltanschauung auch das Raumproblem. *E. v. Hartmann* denkt sich die Materie oder die Körper aus Urbestandteilen, er nennt sie Dynamiden, zusammengesetzt. Diese Uratome oder Dynamiden sind zwar auf bestimmte Punkte als ihre Kraftzentren bezogen, ihrer Realität nach aber nicht in diesen Punkten enthalten. Vielmehr ist das wesentliche Merkmal jeder Dynamide ihre Kraftäußerung nach außen. Nach der Art ihrer Kraftäußerung unterscheidet *E. v. Hartmann* zwei Arten von Dynamiden, anziehende und abstoßende, aus denen dann erst die Körper- und Ätheratome¹⁾ zusammengesetzt sind. Man könnte diese Gedankenbildungen der modernen Atomtheorie anpassend, etwa die beiden von *E. v. Hartmann* angenommenen Gruppen von Dynamiden mit dem positiven Wasserstoffkern und dem Elektron identifizieren. Diese Dynamiden — das ist nun das interessanteste Bestandteil des von *E. v. Hartmann* vertretenen Dynamismus — diese Dynamiden finden den Raum nicht als leere Form vor, sondern setzen den

Raum, indem sie ihn dynamisch erfüllen. So sind alle Dynamiden ineinander, sie durchdringen sich, obwohl sich ihre Kraftzentren nicht decken. Den Raum, der von einer Dynamide dynamisch erfüllt wird, ihr Wirkungsgebiet also, könnte man in moderner Ausdrucksweise als ihr Kraftfeld bezeichnen. Da nun streng genommen das Kraftfeld jeder Dynamide unendlich groß ist, so ist auch der dynamisch erfüllte Raum potentiell unendlich, wird aber erst durch das Aufeinanderwirken der vielen Dynamiden aktualisiert. Daher umfaßt der aktuelle oder physikalisch wirkliche Raum die Gesamtheit der Dynamiden und ist endlich, weil aus physikalischen Gründen die Gesamtheit der Dynamiden endlich ist. Seine Grenze gegen den potentiell unendlichen Raum ist aber fließend, weil durch die Bewegung der Grenzatome in den möglichen Raum hinein, wieder neuer möglicher Raum aktualisiert wird.

Auf eine Schwierigkeit, die dem Raumbegriff *E. v. Hartmanns* und in gleicher Weise auch dem des Herrn *Seeliger* anhaftet, sei hier noch zum Schluß hingewiesen. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie ist der Raum sphärisch. Es müßte demnach gezeigt werden können, daß der Wirkungsbereich einer Dynamide oder das Kraftfeld eines Körpers ebenfalls die Eigenschaft eines sphärischen Raumes besitzt.

Berlin-Charlottenburg, 1. September 1923.

Max Faerber.

Astronomische Mitteilungen.

Die Leuchtkraftfunktion bei Sternhaufen und Milchstraßenwolken. Die Verteilung der Sterne im Milchstraßensystem wird durch die Angabe der räumlichen Sterndichte an jeder Stelle zusammen mit der relativen Häufigkeit der Sterne verschiedener absoluter Leuchtkraft, der *Leuchtkraftfunktion*, festgelegt. Bei der Darstellung der Sternverteilung in großen Zügen hat die Leuchtkraftfunktion im ganzen Sternsystem als konstant angenommen werden können. Wieweit eine solche Konstanz auch innerhalb kleinerer Gebiete besteht, bedarf besonderer Untersuchung; in einer Reihe von Fällen, bei *Sternhaufen* und *Milchstraßenwolken*, sind starke Abweichungen nachgewiesen worden. In einer neuen Arbeit hat nun *A. Pannekoek*¹⁾ für eine weitere Anzahl solcher Gebilde geprüft, ob die Leuchtkraftfunktion bei diesen dieselbe ist, wie die von *Kapteyn* für die Umgebung der Sonne aufgestellte. Die hierbei angewendete Methode stützt sich auf die Abzählungen der Sterne verschiedener scheinbarer Helligkeit und auf die Gesamthelligkeit der einzelnen Sternhaufen oder Wolken.

Von *Kugelsternhaufen* ist *Messier 3*, von *offenen Sternhaufen* *Messier 11*, *37* und *35* behandelt. Bei *Messier 3* entspricht die prozentuale Häufigkeit im wesentlichen der Leuchtkraftfunktion *Kapteyns*, während bei den drei offenen Sternhaufen nur Sterne hoher absoluter Leuchtkraft vorhanden sind. Zwergsterne kommen in geringer Zahl vor; bei *Messier 35* allerdings sind sie bedeutend häufiger als bei den beiden anderen Sternhaufen.

Ergänzend sei an dieser Stelle bemerkt, daß auch Referent die Sternverteilung in einem *Kugelsternhaufen*, in *Messier 13*, eingehender untersucht hat. Die Häufigkeit der Sterne innerhalb der scheinbaren Größen 12 bis 17 ergab denselben Verlauf, wie die der

absoluten Größen — 6 bis — 1 bei *Kapteyn*. Schwächere Sterne finden sich dagegen bedeutend häufiger vor, als es dem Verlauf der *Kapteynschen* Funktion entspricht. Aus dem teilweise übereinstimmenden Verlauf der Leuchtkraftfunktion in verschiedenen Bereichen des Sternsystems darf man jedoch noch keineswegs auf deren Identität schließen; bei *Messier 13* z. B. ist nicht ohne weiteres die Annahme zulässig, daß der scheinbaren Größe 12 an der Sphäre die absolute Größe — 6 zugehört, woraus sich die Entfernung von *Messier 13* ergeben würde. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen vielmehr nur, daß in den *Kugelsternhaufen* das *Mischungsverhältnis der hellen und schwächeren Sterne* (soweit letztere mit den heutigen Mitteln erfassbar sind) ähnlich dem in der weiteren Umgebung der Sonne ist. Bei den offenen Sternhaufen weicht jedoch die relative Häufigkeit stark davon ab.

Bei den *Milchstraßenwolken* findet man teilweise, z. B. bei der großen Wolke im Scutum, ebenfalls eine ähnliche Leuchtkraftfunktion wie in der Umgebung der Sonne. Häufiger aber entspricht die Verteilung verschieden heller Sterne derjenigen in den offenen Sternhaufen. Eine frühere Untersuchung des Referenten²⁾ konnte dies bereits für die große Cygnuswolke nachweisen. *A. Pannekoek* findet dieselben Verhältnisse auch für die Sternwolke in *Aquila-Sagitta* und für die kleine *Magellansche Wolke*.

Beobachtungen der Milchstraße. Aus den vorhergehenden Ausführungen geht die hohe Bedeutung von Beobachtungen der Helligkeit der Milchstraße und von Sternabzählungen in dieser zur Ergründung des räumlichen Aufbaus des Milchstraßensystems hervor. Zwei neue Veröffentlichungen, die hierher gehören, geben besonders wertvolles Material. Die Sternwarte in Leiden hat die überaus sorgfältigen Zeichnungen der nördlichen Milchstraße herausgegeben, die *Julius*

¹⁾ *A. Pannekoek*, Luminosity function and brightness for clusters and galactic clouds. *Bullet. of the Astronomical Institutes of the Netherlands* Vol. II, Nr. 42, 1923.

²⁾ *Astron. Nachr.* 216, 325, 1922.

Schmidt) in den Jahren 1864–76 als Direktor der Sternwarte in Athen ausgeführt hat und die sich bisher unveröffentlicht in Potsdam befanden. A. Pannekoek, der eine Einführung zu diesen Zeichnungen gegeben hat, rechnet sie unter die vorzüglichsten Darstellungen der Milchstraße. Die Schmidtschen Karten sind besonders reich an Einzelheiten und enthalten an einigen Stellen Details, die sich bei keinem anderen Beobachter finden. Vor allem reicht die Darstellung bis 45° südlicher Breite, umfaßt also die für das Studium der Milchstraße so wichtigen Teile in Sagittarius und Scorpius.

Mit einem Teil dieser südlichen Milchstraßengegend beschäftigt sich auch eine Untersuchung von S. Bailey⁴⁾. Auf der Filialsternwarte des Harvard College Observatory in Arequipa (Peru) hat Bailey eine große Anzahl photographischer Aufnahmen der südlichen Milchstraße hergestellt. Für eine Fläche von einem Quadratgrad im Sagittarius ($\alpha = 18^h 8.5^m$; $\delta = -30.74$ [1900]) wurde nun die Anzahl der Sterne bis zur untersten mit dem 24zölligen Bruce-Teleskop erreichbaren Größenklasse gezählt und als Vergleich auch dieselben Abzählungen am südlichen galaktischen Pol ausgeführt. Die ausgewählte Milchstraßengegend ist eine der sternreichsten, und ihre Flächenhelligkeit ist nach der Karte von Julius Schmidt besonders groß. Es ist wohl von Interesse, die für das angegebene Milchstraßenfeld und für den Pol der Milchstraße gefundenen Sternzahlen hier einander gegenüberzustellen. Sie beziehen sich auf die Fläche von einem Quadratgrad und auf die beigefügten Helligkeitsintervalle von je einer Größenklasse (siehe Tabelle).

Größenklasse	Anzahl der Sterne	
	in der Milchstraße	am galakt. Pol
< 9,5	6	3
9,5 – 10,5	15	5
10,5 – 11,5	37	6
11,5 – 12,5	63	17
12,5 – 13,5	228	31
13,5 – 14,5	1151	38
14,5 – 15,5	6850	46
15,5 – 16,5	12 750	79
16,5 – 17,5	17 900	152
17,5 – 18,5	19 800	186
18,5 – (19,5)	3 500	49

Man erkennt aus diesen Zahlen, daß das Phänomen der Milchstraße gerade durch die starke Anhäufung sehr schwacher Sterne vorwiegend bedingt ist, die in der abgezählten Gegend in besonders reicher Zahl vorhanden sind. Die längsten Aufnahmen gehen bei 6 Stunden Belichtung bis zur Größe 19,2 (61 595 Sterne im Quadratgrad). Die Zahlen der letzten Reihe sind also unvollständig. Die vorhergehenden Werte zeigen für die Milchstraße ein außerordentlich rasches Anwachsen der Sternzahlen besonders von der 13. bis 15. Größenklasse. Das Verhältnis aufeinanderfolgender

Werte steigt bis zu 6,0 an. Für noch schwächere Sterne nimmt das Verhältnis wieder stark ab. Man hat es hier mit einer ausgesprochenen Wolkenbildung zu tun, wie auch die Flächenhelligkeit bei Julius Schmidt erkennen läßt.

Diesem speziellen Fall fügt S. Bailey noch einige allgemeinere Bemerkungen über die Milchstraßenstruktur hinzu. Die dunkeln, sternarmen Flächen der Milchstraße scheinen mit ganz schwach und unregelmäßig leuchtenden Nebelmassen erfüllt, auf deren absorbierende Wirkung im wesentlichen das Fehlen der Sterne zurückzuführen ist. Das außerordentlich vielgestaltige Aussehen der Milchstraße ist also durch vorgelagerte absorbierende Wolken ganz wesentlich bestimmt. Ob diese Materie sich auch außerhalb der Milchstraße ausbreitet, lassen die Arequipa-Aufnahmen nicht erkennen.

A. Kopff.

Die Verteilungsfunktion der Sternengeschwindigkeiten müßte, wenn das Sternsystem sich in einem statistischen Gleichgewichtszustand befände, die bekannte Maxwellsche sein von der Form:

$$F(v) dv = \frac{4h^3}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 v^2} v^2 dv$$

Die tatsächlich beobachteten Bewegungen zeigen aber nicht dieses einfache Bild, so daß die Zweischwarmhypothese zur Überlagerung zweier Maxwellschen Verteilungen mit verschiedenen Werten von h ihre Zuflucht nahm, während Schwarzschild die Geschwindigkeiten in rein formaler Weise durch ihre Logarithmen ersetzte. Eine Entscheidung darüber zu treffen, welches Verteilungsgesetz in Wirklichkeit gültig ist, ist sehr schwierig, weil wir infolge des Mangels an Parallaxen nicht in der Lage sind, die Sterne zu klassifizieren nach den Raumelementen, denen sie zugehören. Luyten macht den Versuch (Proc. N. A. S. 19, 191–194), alle Sterne, für die die Parallaxe bisher größer als 0".1 gefunden wurde, zur Ableitung des fraglichen Gesetzes heranzuziehen. Die Zahl dieser Sterne gibt er zu 104 an, darunter 83 mit bekannter Radialgeschwindigkeit. Aus der Diskussion der Totalgeschwindigkeiten nach der Bravais'schen Methode folgt eine Sonnenbewegung von 25 km/sec. gegen den Apex $A = 277^\circ$, $D = +36^\circ$ und für die übrig bleibenden Spezialbewegungen ergibt sich das Verteilungsgesetz in tangentialer sowohl als auch in radialer Richtung vom Schwarzschild'schen Typus:

$$\psi(V) dV = \frac{h \cdot \text{mod}}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 (\log V - \log V_0)^2} \frac{1}{V} dV$$

Die Konstanten sind für die Totalbewegungen: $h = 1.92$, $V_0 = 40.8$ km/sec., für die Transversalbewegungen: $h = 2.39$, $T_0 = 34.7$ km/sec. und die Darstellung der Beobachtungen ist sehr gut. Es fragt sich nur, inwieweit die Resultate sich modifizieren werden, wenn wir erst alle Sterne innerhalb der Kugel vom Radius 10 Sternweiten werden einbeziehen können. Luyten schätzt die Zahl dieser Sterne auf 188, greift damit aber vielleicht noch etwas zu tief. Da die noch hinzukommenden Sterne aber in der Hauptsache schwache, also im allgemeinen rasch bewegte Sterne sein werden, andererseits in dem jetzigen Material von den schwachen Sternen gerade die mit den größten Bewegungen bereits stark vertreten sind, wird man L. zustimmen können in der Ansicht, daß die Vermehrung des Materials keine wesentlichen Änderungen herbeiführen wird. Man darf sich aber nicht verhehlen, daß uns für ein Gesetz dieser Art vorläufig jegliche physikalische Begründung fehlt.

H. Kienle.

³⁾ Dessins de la voie lactée faites à Athènes par J. Fr. Julius Schmidt dans les années 1864–1876. Avec une introduction par A. Pannekoek. Annales der Sternwarte zu Leiden. XIV. 2. Stück, 1923.

⁴⁾ S. J. Bailey, Comparison of a milky way field with one at the south galactic pole. Harvard College Observatory Circular. 242, 1922.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 40. (Seite 817—832.)

5. Oktober 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Johannes v. Kries. Zu seinem siebenzigsten Geburtstage (6. Oktober 1923). Von *W. Trendelenburg*, Tübingen. S. 817.

Die Bedeutung des Gesanges der Vögel in biologisch-anatomischer Behandlung. Von *Hans Böker*, Freiburg i. Br. S. 820.

Besprechungen:

Study, E., Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. 2. Auflage. Von *Karl Gerhards*, Aachen. S. 824.

Study, E., Mathematik und Physik. Von *Karl Gerhards*, Aachen. S. 824.

Study, E., Denken und Darstellung, Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in Mathematik und Naturwissenschaften. Von *Karl Gerhards*, Aachen. S. 824.

Eddington, A. S., Raum, Zeit und Schwere. Ins Deutsche übertragen von *W. Gordon*. Von *A. Kopff*, Heidelberg. S. 826.

Winternitz, Josef, Relativitätstheorie und Erkenntnislehre. Von *Hans Reichenbach*, Stuttgart. S. 827.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Die physikalische Wirklichkeit. Von *J. Petzoldt*, Berlin-Spandau. S. 828.

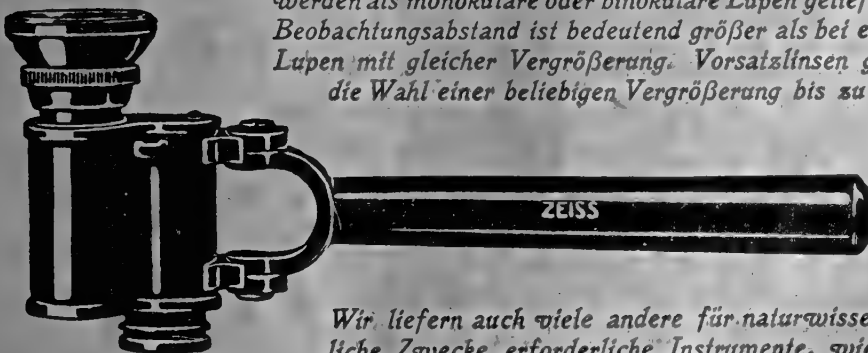
Physiologische Mitteilungen. S. 829—831.

Galvanotaxis beim Regenwurm. Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Spinnen. Untersuchungen über den Mechanismus der phototropen Bewegungen.

Botanische Mitteilungen. S. 831—832.

Über die Bedeutung von Lichtintensität und Wellenlänge für die Assimilation farbiger Algen. Über den Einfluß des Welkens auf die Regulierung der Spaltöffnungen. Die Leitung des geotropen Reizes bei Wurzeln. Zur Reizphysiologie der Fucuspermatozoiden.

ZEISS Fernrohr-Lupen



werden als monokulare oder binokulare Lupen geliefert. Der Beobachtungsabstand ist bedeutend größer als bei einfachen Lupen mit gleicher Vergrößerung. Vorsatzlinsen gestatten die Wahl einer beliebigen Vergrößerung bis zu 30 fach.

Wir liefern auch viele andere für naturwissenschaftliche Zwecke erforderliche Instrumente, wie Mikroskope, Einschlaglupen usw.

Druckschriften und
Auskunft durch:

CARL ZEISS, JENA

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezug GZ. $2,5 \times$ Schlüsselzahl, Einzelnummer GZ. $0,8 \times$ Schlüsselzahl, zuzüglich Porto. Für das Ausland Bezug nur durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag.

Preis vierteljährlich Dollar 1,80.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 2. Okt. 1923: 50 000 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-
Konten

{ für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Abderhaldensche Reaktion. Ein Beitrag zur Kenntnis von Substraten mit zellspezifischem Bau und der auf diese eingestellten Fermente und zur Methodik des Nachweises von auf Proteine und ihre Abkömmlinge zusammengesetzter Natur eingestellten Fermenten. Von Professor Dr. med. et. phil. h. c. **Emil Abderhalden**, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. (Fünfte Auflage der „Abwehrfermente“.) Mit 80 Textabbildungen und 1 Tafel. (XII, 356 S.) 1922. GZ. 11.

Physiologisches Praktikum. Chemische, physikalisch-chemische, physikalische und physiologische Methoden. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden**, Geheimer Medizinalrat, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. Dritte, neubearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 310 Textabbildungen. (XII, 350 S.) 1922. GZ. 11.

Die Variabilität niederer Organismen. Eine deszendenztheoretische Studie. Von Dr. **Hans Pringsheim**. (VIII, 216 S.) 1910. GZ. 7.

Neue Bahnen in der Lehre vom Verhalten der niederen Organismen. Von Dr. **Friedrich Alverdes**, Privatdozent für Zoologie an der Universität Halle. Mit 12 Abb. (IV, 64 S.) 1922. GZ. 2,3.

Die Reizbewegungen der Pflanzen. Von Dr. **Ernst G. Pringsheim**, Privatdozent an der Universität Halle. Mit 96 Abbildungen. (VIII, 326 S.) 1912. GZ. 12.

Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsgeschichte. Eine Untersuchung zur vergleichenden Wissenschaftslehre. Von Dr. **Kurt Lewin**, Privatdozent der Philosophie an der Universität Berlin. Mit 45 zum Teil farbigen Textabbildungen. (XIV, 240 S.) 1922. GZ. 8.

Johannes v. Kries.

Zu seinem siebenzigsten Geburtstag (6. Oktober 1923).

Von Wilhelm Trendelenburg, Tübingen.

Kürz nach *Albrecht Kossel* feiert auch der Vertreter der Physiologie auf der südlichen badischen Universität seinen siebenzigsten Geburtstag. Fern vom Getriebe des Tages gelangt eine Persönlichkeit von selten hoher Begabung und wissenschaftlicher Bedeutung im vollen Besitz ihrer geistigen und körperlichen Rüstigkeit an einen Lebenstag, an dem Freunde und Verehrer des Gefeierten gern ein wenig halt zu machen pflegen, um rückschauend zu sehen, was auch der Mitwelt ein reiches, der Wissenschaft gewidmetes Leben geschenkt hat. Öfters hat *v. Kries* in diesen Blättern das Wort ergriffen, und so haben wir allen Anlaß, an dieser Stelle ihm einige Zeilen in dankbarer Gesinnung zu widmen. Um so mehr Berechtigung haben wir dafür, als das Lebenswerk eines Mannes von erstaunlicher Vielseitigkeit und Höhe der geistigen Kultur vor uns liegt, Physiologie, Psychologie und Philosophie, Mathematik und Physik umspannend, und auch in der Kunst verwurzelt.

Johannes v. Kries wurde am 6. Oktober 1853 in Roggenhausen i. Westpr. geboren. Er genoß den ersten Unterricht bei einem Hauslehrer auf dem Lande, kam mit acht Jahren auf das Gymnasium in Marienwerder und verließ es im Jahre 1869 mit dem Reifezeugnis. Er studierte in Halle, Zürich, Leipzig und Berlin und legte in Berlin die Staatsprüfung und Doktorprüfung ab. Darauf arbeitete er ein Jahr lang im Institut von *Helmholtz* und weiterhin bei *Ludwig* in Leipzig. Im Jahre 1880 wurde er zunächst als Extraordinarius auf den Lehrstuhl der Physiologie in Freiburg i. B. berufen, den er jetzt einer jüngeren Kraft überläßt, bis zuletzt in unveränderter Frische und Klarheit seine Aufgaben als akademischer Lehrer erfüllend. In Freiburg konnte *v. Kries* in den neunziger Jahren das auch heute noch muster-gültige Institut eröffnen, welches unter seiner Leitung neu errichtet wurde, nachdem bis dahin der Physiologie in Freiburg nur sehr bescheidene Räume zur Verfügung gestanden hatten.

Von den beiden großen Meistern der Physiologie, *Helmholtz* und *Ludwig*, hat *v. Kries* entscheidende Anregungen für seine weitere wissenschaftliche Entwicklung erhalten. So sehr das für *Helmholtz* zutage liegt, so sehr ist es auch für *Ludwig* der Fall. Hat *v. Kries* auch weniger dessen experimentelle Richtung des Tierversuches in erster Linie weiter verfolgt, so beherrschte er doch auch schwierige Tierexperimente vollkommen

und konnte auf seine Schüler, die zum Teil wieder mehr in dieser Richtung ihren Anlagen und Neigungen folgten, die Kunst des sauberen und gewissenhaften Arbeitens übertragen, durch welche zu vorbestimmter Zeit ein größerer Vorlesungsversuch bereitet, durch welche in unermüdlichem Ausprobieren eine Fragestellung zu klarer Beantwortung gebracht wird. Den Überlieferungen des Meisters entsprechend arbeitete dabei auch *v. Kries* mit einfachen Mitteln, vom langjährigen Institutsmechaniker *Köpfer* getreu unterstützt. Es ist gut, sich auch heute wieder daran zu erinnern, daß es vor noch nicht so weit zurückliegender Zeit ebenso wie heute Aufgabe war, mit bescheidenen Mitteln Großes zu leisten.

Eine Reihe von Arbeiten widmete *v. Kries* den Problemen der Muskel- und Nervenphysiologie. Unter anderem wurde der Vorgang der Summierung zweier Zuckungen näher untersucht und festgestellt, daß wesentlich verwickeltere Tatsachen vorliegen, als dem einfachen Summierungsschema entspricht. In die Methodik der Nervenreizung wurden die „Zeitreize“ (Stromanstiege von veränderlicher Steilheit) eingeführt und die davon abhängige Veränderung des Reizerfolges untersucht. Bedeutsam sind weiter die kritischen Übersichten, die *v. Kries* in späterer Zeit über Fragestellungen der Muskelphysiologie und der Bewegungskoordination gab, in denen sich die in allen seinen Arbeiten hervortretende große Selbstständigkeit des Urteils und der Auffassung zeigt, die bei ihm ein bloßes Berichten und Zusammenstellen ausschlossen.

Weitere experimentelle Arbeiten befaßten sich mit der Physiologie des Herzens und des Kreislaufes. In den Studien zur Pulslehre wird die periphere Wellenreflexion und ihre Bedeutung für das normale und veränderte Pulsbild eingehend untersucht, nicht nur experimentell, sondern auch mit den Hilfsmitteln der Mathematik, die *v. Kries* hervorragend beherrscht. Die Methode der Flammentachographie, mit der sich unmittelbar die bisher nur mittelbar erhaltenen Kurven der Geschwindigkeitsänderungen der Blutströmung gewinnen lassen, ist hier des weiteren als bedeutend hervorzuheben. Das gleiche gilt für eine Arbeit zur Theorie des Manometers. Am Herzen wurden eigentümliche Störungen des Rhythmus und der Koordination gefunden, die sich durch besondere Maßnahmen hervorrufen lassen und die

für die Theorie der Herzstörungen überhaupt von Bedeutung sind.

Schon im Ludwigschen Institut hatte *v. Kries*, zum Teil in Gemeinschaft mit seinem Freunde *v. Frey*, Arbeiten aus dem Gebiet der physiologischen Optik unternommen, die ihn in späterer Zeit so eingehend beschäftigten und in welcher er das Werk eines *Helmholtz* fortsetzte und ergänzte. Im Jahre 1882 erschien eine größere Arbeit über die Analyse der Gesichtsempfindungen. Hier wird der wichtige Gedanke ausgeführt, daß die peripheren Einrichtungen des Farbensinnes von anderer Art sind als die zentralen, und daß hierin die Besonderheiten der Ergebnisse der objektiven und subjektiven Untersuchungsmethode des Farbensinnes begründet ist, eine Anschauung, die von ihm späterhin als Zonentheorie bezeichnet wurde. Schon hier wendet sich *v. Kries* gegen die Anwendung der Heringschen Theorie auf die peripheren Vorgänge¹).

Seit dem Jahr 1895 erschien eine große Reihe von physiologisch optischen Arbeiten, die sich in erster Linie mit denjenigen Erscheinungen befassen, die wir jetzt als Dämmerungssehen nach *v. Kries* zu bezeichnen gewohnt sind. Ferner wurden systematische Untersuchungen über die abweichenden Formensysteme angestellt, über die sogenannten Dichromaten („Rot-Grün-Blinde“), die Totalfarbenblinden und die anomalen Trichromaten. Bei den Dichromaten ist die Feststellung von grundlegender Bedeutung, daß sich bei ihrer Durchuntersuchung mit der Methode der spektralen Farbmischung zwei getrennte Typen ergeben, deren Verhalten der Helmholtzschen Theorie entspricht, den Heringschen Annahmen aber nicht. Auch bei der Untersuchung der anomalen Trichromaten ergab sich die Unhaltbarkeit einer von Hering entwickelten Vorstellung, daß nämlich die Anomalie auf abnormen physikalischen Absorptionsverhältnissen beruhe. Fördert *v. Kries* in diesen Arbeiten die Weiterentwicklung der Young-Helmholtzschen Theorie, so geht er bald über diese hinaus und ergänzt die bisherigen Vorstellungen durch eine Theorie, die er später als Duplizitätstheorie bezeichnete. Die Gesamtheit dieser Arbeiten, die unter dem Titel Abhandlungen zur Physiologie der Gesichtsempfindungen²) auch gesondert erschienen, bildet eine systematische Untersuchung eines neuen Arbeitsfeldes. Die Ergebnisse seien kurz im Zusammenhang dargestellt. Glaubte man bisher, daß im Gesichtssinn ein einheitlicher, wenn auch dreifach gegliederter „Apparat“ vorliege, den man sich des näheren nach *Helmholtz* oder *Herings* Vorstellungen gebaut dachte, oder nach sonstwelchen theoretischen Vorstellungen, so ist das Wesentliche der neuen Vorstellung, daß neben

den genannten Einrichtungen noch ein zweiter, vom vorigen funktionell abgrenzbarer Apparat vorliegt. Aus noch zu erörternden Gründen werden als peripheres Aufnahmeorgan des ersteren die Zapfen, des letzteren die Stäbchen der Netzhaut betrachtet. Hierdurch läßt sich eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen erklären. Stellt man für das hellangepaßte Auge und die Fovea der Netzhaut Farbengleichungen an, so zeigt sich, daß diese ungültig werden, wenn man sie mit dunkelangepaßten seitlichen Netzhautteilen betrachtet. Und zwar werden dabei die Farbeindrücke viel weißlicher. Farben, die in der hellangepaßten Fovea den Eindruck gleicher Helligkeit machen, sehen verschieden hell aus, wenn sie mit dunkelangepaßten seitlichen Netzhautteilen betrachtet werden (*Purkinjes* Phänomen). Bietet man dem dunkelangepaßten Auge ein sehr lichtschwaches Spektrum dar, so kann man keine Farben erkennen, alle Strahlungen sehen weißlich aus, mit einem im Grün liegenden Helligkeitsmaximum. Auch im hellangepaßten Auge kann man bei Beobachtung in der Netzhautperipherie einen Zustand der Farbenblindheit beobachten, der dem eben erwähnten in vieler Beziehung ähnlich ist, sich von ihm aber dadurch scharf unterscheidet, daß nun das Helligkeitsmaximum im Gelb liegt. Geht man zu geringeren Lichtstärken und Dunkeladaptation über, so zeigt nun auch die Netzhautperipherie das Helligkeitsmaximum im Grün. Eigentümlich ist ferner noch, daß das *Purkinje*-Phänomen in der Fovea fehlt und daß sie an der großen Steigerung der Netzhautempfindlichkeit, die im Dunklen eintritt²), keinen wesentlichen Anteil hat. Nun ist anatomisch die Fovea dadurch ausgezeichnet, daß sie nur Zapfen, keine Stäbchen enthält. Hieraus ergibt sich die schon oben erwähnte Annahme. Ein weiterer Schritt ergab sich aus der von *Kühne* entdeckten Tatsache, daß an den Stäbchen ein purpurner lichtempfindlicher Farbstoff vorkomme, der Sehpurpur. Er wird nach *v. Kries* als Reizüberträger des Stäbchenapparates aufgefaßt, und es konnte gezeigt werden, daß diese Annahme mit den Bleichwerten verschiedener Strahlungen auf den Sehpurpur übereinstimmt. Die Bleichwerte der Lichter entsprechen ihren Dämmerungswerten auf das dunkelangepaßte Auge, also ihren Wirkungen auf den Stäbchenapparat.

Liegt so ein neues Lehrgebäude vor, so kann schon heute gefragt werden, was von ihm als bleibend bezeichnet werden darf. Nach der ebenso sachlichen wie überzeugenden Kritik, die *v. Kries* selber erst kürzlich an den Ansichten seiner Gegner übte, kann kein Zweifel sein, daß seine Arbeit im wesentlichen zum bleibenden Bestand der physiologischen Optik gehören wird. Es ist eben nicht angängig, alle Erscheinungen des Farblossehens etwa der Heringschen Schwarz-Weißsubstanz zuschreiben zu wollen. Damit läßt sich die Verschiedenheit der Peripherie- und Dämmerungswerte niemals erklären, welche sich

¹) Das Auge ist hier als peripherster, die Occipitalrinde als zentralster Abschnitt des ganzen Sehorgans bezeichnet. Die Gegenüberstellung von Netzhautperipherie und -zentrum steht hier nicht in Erörterung.

²) Heft 1 bis 4. Leipzig: Barth, 1897—1918.

in der verschiedenen Lage des Helligkeitsmaximums ausspricht. Auch andere genau festgestellte Tatsachen vermag die Heringsche Theorie nicht zu deuten. Die Annahme einer Doppelanordnung der Einrichtungen des Licht- und Farbensinns ist unumgänglich. Aber hier mögen diese Andeutungen genügen. Wir können es ruhig der Zukunft überlassen, Fragen zu entscheiden, die einstweilen noch in Erörterung stehen.

Von weiteren Arbeiten aus der physiologischen Optik seien noch die zusammenfassende Darstellung in Nagels Handbuch der Physiologie erwähnt, sowie die Neuherausgabe der physiologischen Optik von Helmholtz (mit Nagel und Gullstrand). Sie ist mit ergänzenden Aufsätzen des Herausgebers versehen, in welchen Stellung zu entgegenstehenden Ansichten genommen, aber auch den Ansichten von Helmholtz gegenüber kein einseitiger Standpunkt vertreten wird. Es seien nur die Ausführungen über psychologische Fragen aus Helmholtz' Darstellung erwähnt.

Auch in der physiologischen Akustik hat v. Kries Bleibendes geschaffen. Die Bedeutung der doppelten Anlage des Gehörorgans für die Wahrnehmung der Schallrichtung wurde aufgeklärt und den eigentümlichen Leistungen des „absoluten Gehörs“ nachgegangen.

Einen allgemeinen Abschluß fanden die sinnesphysiologischen Arbeiten von v. Kries in seiner „Allgemeinen Sinnesphysiologie“³⁾, die unlängst erschien. Kein anderes Werk auf diesem Gebiet kann ihr an die Seite gestellt werden. Die Erfahrung eines langen Forscherlebens, eines tiefen und selbständigen Nachdenkens ist darin niedergelegt. Die Darstellung ist abgeklärt, so leicht verständlich, als der schwierige Gegenstand es zuläßt, und doch weit entfernt von flacher „Allgemeinverständlichkeit“.

Den Naturwissenschaftler werden weiter noch kleinere Aufsätze interessieren, von denen der über Goethe als Naturforscher⁴⁾, ein Nachruf auf Helmholtz, ein Aufsatz über das physikalische Weltbild erwähnt seien. Die beiden letzteren sind in dieser Zeitschrift veröffentlicht. In ersterem bewundern wir die Einfühlungsfähigkeit des Verfassers nicht nur in die naturwissenschaftlichen Gedankengänge Goethes, sondern in sein ganzes Wesen als „Dichterpsycholog“. Überzeugend wird dann dargelegt, wie Goethe durch seine Grundauffassung von der Wesensgleichheit der Sinne mit der durch sie aufzufassenden Wirklichkeit, durch seine naiv-sinnliche anstatt abstrakt-mathematische Anschauungsweise zu seinem Irrtum gegen Newton kam. Gerade in heutiger Zeit, in welcher man wieder Goethes Auffassung gegen Newton zu halten versuchte, wird v. Kries' Aufsatz ein wertvoller Führer sein, um so mehr, als auch er in Goethe einen großen Naturforscher sieht. Und so seien abschließend einige Worte aus dem Aufsatz hergesetzt: „Alles Reichthums

und aller Schönheit uns zu erfreuen, vor allem Großen und Gewaltigen uns in Demut zu beugen: das ist der Gewinn, der uns aus der Beschäftigung mit Goethe erwächst“.

Sehen wir so, wie tiefes Verständnis v. Kries für die Methode des rein anschaulichen Erfassens hat, so zeigen weitere Werke ihn als Meister der abstrakt-mathematischen Methode, die ja auch den schon berührten Arbeiten von Anfang an zugrunde liegt. Seine „Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, eine logische Untersuchung“ aus älterer Zeit (1886)⁵⁾ und seine „Logik. Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre“ aus dem Jahre 1916⁶⁾ sind hier zu nennen. Soll das erstere Werk in erster Linie die Aufmerksamkeit der Philosophie auf die logischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung lenken, so kann das zweitgenannte, großangelegte Werk, der Erlanger philosophischen Fakultät, deren Ehrendoktor v. Kries ist, gewidmet, gerade dem Naturforscher ungemein tiefe Belehrung bieten. Mit erstaunlich umfassendem Wissen und, man kann nur sagen, hoher Weisheit werden hier die schwierigsten erkenntnistheoretischen Probleme behandelt. Und das alles in einer Darstellungsweise von wunderbarer Klarheit. Da gibt es keine gesuchten Wortneubildungen, kein In-Anführungszeichen-Setzen alltäglicher Ausdrücke, um anzudeuten, daß sie in ganz besonderem Sinne gebraucht werden —, hier ist alles klar auseinandergesetzt, wie es gemeint ist, und eine Sprache angewendet, die den feinsten Abstufungen von Meinungen und Fragen nachzukommen imstande ist. Einzelnes näher auszuführen, hieße den Zusammenhang zerreißen. Ich kann es hier nur als meine Aufgabe ansehen, diejenigen, welche diesen allgemeinen Fragen nachgehen wollen, anzuregen, das v. Kriessche Buch zur Hand zu nehmen, in welchem sich z. B. eingehende Auseinandersetzungen über das Kausalprinzip, die Energiegesetze über die Frage der a priori-Gültigkeit solcher Gesetze, über psychophysische Zusammenhänge und vieles andere finden. Dinge, die ganz unmittelbar dem Ideenkreise des Naturwissenschaftlers angehören.

Ich verlasse damit die Darstellung der wissenschaftlichen Lebensarbeit von v. Kries und bin mir wohl bewußt, nur Andeutungen ihres Gehaltes geben zu können. Und nun die Persönlichkeit! Deren Zauber hat jeder in reichstem Maße an sich erfahren, der v. Kries näher stehen, ihn näher kennen lernen durfte. Stets freundlich und verbindlich, und doch bestimmt in der Stellungnahme, stets bereit, ein verständnisvoller Berater zu sein, stets voll höchster Selbstbeherrschung, bei aller Höhe der Begabung bescheiden und nach der Tagesarbeit gern geneigt, auch harmlos erholende und ablenkende Gespräche zu führen. Dabei hat er eine überraschend schnelle Auffassung und die Befähigung, eine behandelte

³⁾ Leipzig, Vogel, 1923. 299 S.

⁴⁾ Jahrb. d. Goethe-Gesellschaft 7, 1920.

⁵⁾ Freiburg i. B., Siebeck, 1886. 298 Seiten.

⁶⁾ Tübingen, Siebeck, 1916. 732 Seiten.

Frage mit dem Bestand seines großen Wissens zu vergleichen, in dasselbe aufzunehmen und den ganzen Wissensbestand in geordneter Bereitschaft zu haben. Eine besondere Freude hat *v. Kries* an der Musik, für die er große Begabung besitzt und die er auf dem Klavier auch heute noch hervorragend beherrscht. Mit Vorliebe der klassisch-romantischen Richtung sich zuwendend, hat er aber auch für neuere Erscheinungen der Musik großes Interesse. In seiner Gattin findet sein Wesen eine schöne Ergänzung. In langer, glücklicher Ehe ist er mit ihr verbunden. Glück im Sinne des tiefen, verständnisvollen Zusammenlebens miteinander und mit lieben Kindern und Enkelkindern. Doch schweres Leid blieb nicht erspart. Er ertrug es mit bewundernswerter und

vorbildlicher Standhaftigkeit. Und so trug er auch den gewaltigen Schmerz um den Niedergang des Vaterlandes.

So steht eine ganze Persönlichkeit vor uns. Seine Wirkung auf seine Schüler ist nicht die des zündenden Rhetorikers, sondern die viel tiefere Wirkung des klaren Verstandes, des warmherzigen Gemütes, der Vornehmheit der Gesinnung. So kam sein im besten Wortsinn fesselnder Vortrag zustande. Und so hat ihm auch die begeisterte Anhänglichkeit seiner Schüler nicht gefehlt.

Ein seltenes Glück ist uns in ihm beschert, daß er auch heute noch geistige Werte säen und ernten kann. Möge ihm und uns dies Glück noch lange erhalten bleiben!

Die Bedeutung des Gesanges der Vögel in biologisch-anatomischer Behandlung¹⁾.

Von Hans Böker, Freiburg i. Br.

Der Gesang der Vögel ist eine Lebenserscheinung, die seit alters her in den weitesten Kreisen lebhaftes Interesse gefunden hat. Und mit Recht, denn die Vogelstimmenkunde ist wirklich eine liebenswürdige Wissenschaft. Für den wissenschaftlich Denkenden geht aber mit der Freude an den Schönheiten des Gesanges Hand in Hand das Fragen nach seiner Bedeutung und nach dem Zweck, der ihm innewohnt.

Fast einstimmig ist man der Überzeugung, daß der Gesang ein Zeichen der Brunst, ein Paarungsgesang ist. Man hat sich wohl so ausgedrückt: die Gesangsäußerungen geschlechtsreifer Vögel sind der direkte Ausfluß des Geschlechtslebens, den Grad der geschlechtlichen Erregung erkennt man an der relativen Stärke des Gesanges, ein in der Freiheit singendes Männchen steht unter der Einwirkung des Geschlechtstriebes und der Gesangstrieb geht mit dem Geschlechtstrieb parallel (*Hagen*). Den Zweck hat man gesehen in dem Anlocken der Weibchen, im Überwinden seiner Sprödigkeit, im Abschrecken der Nebenbuhler und in anderem mehr. Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich vermute, daß auch die Mehrzahl der Leser mit diesen Deutungen durchaus einverstanden sein wird. Würde man nach den Gründen für diese Überzeugung fragen, dann würde man wohl hören, daß durch die Beobachtungen am Lebenden die zeitliche Übereinstimmung der Fortpflanzungsperiode mit der Hauptgesangsperiode doch so klar zutage trete, daß man darin den eindeutigen Beweis erblicken könne. Trotzdem wurden immer wieder Zweifler laut, ich nenne vor allem *Kleinschmidt* und *B. Hoffmann*, die besonders darauf hinwiesen, daß man von vielen Vogelarten, z. B. von Rotkehlchen, Rotschwänzchen, Zaunkönig, Was-

seramsel und auch vom Buchfink neben vielen anderen, regelmäßigen Herbst- ja Wintergesang hören könne, zu Zeiten also, wo sicher keine Bruten stattfinden. Um aber diese Zweifler zu beruhigen, sagte man, das seien Erinnerungen an Zeiten, in denen auch noch zu diesen Jahreszeiten Bruten gemacht worden seien, oder aber es seien die ersten Anzeichen davon, daß diese Vögel in ferner Zukunft weitere Bruten machen würden (*Hagen* und *Braun*). Scheinbrunst und unvollständige Brunst nannte man diese Erscheinungen. Man brachte also zur Erklärung des Gesanges die eine biologische Beobachtung mit einer anderen in Beziehung — Gesang und Brunst — und erklärte die eine durch die andere. Es will mir scheinen, als ob unserem Drang nach Erkenntnis diese Methode heute nicht mehr genügen könne, und daß man für seine Erklärungen bessere Grundlagen haben müsse. Man wird es nicht verwunderlich finden, wenn ich als Anatom diese Grundlagen in der Morphologie suche, wenn ich die biologischen Beobachtungen mit anatomischen Untersuchungen in Parallele bringe, die Lebenserscheinungen also anatomisch zu erklären versuche. Da dieser Weg in gewisser Hinsicht neu ist, muß ich auf diese Methode, welche Lebendbeobachtungen und anatomische Untersuchungen ursächlich vereint, mit ein paar Worten eingehen²⁾.

Die vergleichende Anatomie soll nach dieser Methode in Zukunft ihre Aufgabe im Verstehen lernen von Lebenserscheinungen sehen. Bisher sah sie ihre Aufgabe auf anderem Gebiet. Die vergleichende Anatomie der letzten Jahrzehnte suchte zu erkennen, was morphologisch gleichwertig ist, denn nur das war für sie vergleichbar.

¹⁾ Nach einem Vortrag am 23. Februar 1923 in der med.-naturw. Gesellschaft zu Jena.

²⁾ Ausführlich in der Zeitschr. für Morph. und Anthropol. 1923: Begründung einer biologischen Morphologie.

Sie fand das morphologisch Gleiche in dem, was gleicher Abstammung ist. Gleiche Organe nannte sie homolog. Sie brauchte und benutzte diese Homologienforschung für ihr Ziel, die natürlichen Verwandtschaftsbeziehungen der Organismen aufzudecken, sie lebte also ganz in der Phylogenese. Die morphologischen Erklärungen waren phylogenetische Erklärungen. Die Erforschung der Lebenserscheinungen ist in erster Linie Aufgabe der Physiologie. Diese dagegen erklärt, indem sie die Lebensvorgänge auf physikalische und chemische Gesetze zurückführt. Darin liegt aber eine gewisse Einseitigkeit, deren Folge eine Vernachlässigung vieler Lebenserscheinungen ist. Probleme wie etwa die Bedeutung des Vogelgesanges interessierten also weder den Morphologen noch den Physiologen. Alle Beziehungen des Organismus zur Umgebung und zu den Wesen, mit denen er leben muß, die Chorologie, Ethologie und Ökologie wurden von ihnen überhaupt nicht oder nur ganz nebenbei beachtet. Doch schon *Haeckel* schrieb in der generellen Morphologie 1869: „der außerordentlichen Bedeutung dieser Verhältnisse entspricht aber ihre wissenschaftliche Behandlung nicht im mindesten“. Die Physiologie hat „die Beziehungen (des Organismus) zur Außenwelt, die Stellung, welche jeder Organismus im Naturhaushalt, in der Ökonomie des Naturganzen einnimmt, in hohem Grade vernachlässigt und die Sammlung der hierauf bezüglichen Tatsachen der kritiklosen Naturgeschichte überlassen, ohne einen Versuch zu ihrer mechanischen Erklärung zu machen“. Wie vor 50 Jahren so noch heute, die anatomischen Grundlagen für biologische Vorgänge werden nicht erforscht. Die Lücke klafft zum Schaden des Fortschrittes der Erkenntnis nach wie vor. Soll sie ausgefüllt werden, so muß der Anatom sich dieser Aufgaben annehmen. Aber es nützt nicht, wenn der Anatom sich den Kopf darüber zerbricht, welche Funktion eine von ihm erforschte Struktur wohl besitzen möge. Dabei kommt er vielfach über unfruchtbare theoretisierende Betrachtungen nicht hinaus. Sondern es gilt die chorologischen, ethologischen und ökologischen Beziehungen der Organismen zu beobachten und zu analysieren, und nun nicht nach den Funktionen, welche der *Betrieb* des Organismus ermöglichen, sondern nach denen zu suchen, welche die *Gestalt* bedingen, die Form beeinflussen. Lebensweise und Körperbau sind in ihrem ursächlichen Verhalten zu einander zu erforschen, es ist die für jeden *Lebensvorgang typische anatomische Konstruktion* zu erkennen! Ich habe diese Forschungsrichtung eine *biologische Anatomie* genannt: „Anatomie“, weil sie in erster Linie in den Arbeitsbereich des Morphologen, nicht des Physiologen gehört, und „biologisch“, weil sie in einem historischen Gegensatz zur bisherigen „genetischen“ Morphologie steht.

Die genetische Morphologie *Gegenbaurs* und

Haeckels soll durch die biologische Anatomie nicht als wertlos bezeichnet und für überwunden gelten, sondern die neue Richtung soll einen Schritt weiter tun, indem sie dabei auf den Ergebnissen der bisherigen Richtung fußt, nicht wie die genetische Morphologie selbst vor fast 70 Jahren durch *Darwins* Werk hervorgerufen, die idealistische Morphologie *Goethes* ablöst und sich völlig an ihre Stelle setzt. Nur der Gesichtspunkt, unter dem morphologisch und auch phylogenetisch gearbeitet werden soll, muß geändert werden. Wie die idealistische Morphologie hinter der Form die Idee, den Typus suchte, wie die genetische die Homologie, die Abstammung, so sucht die biologisch gerichtete Morphologie die für einen *Lebensvorgang typische anatomische Konstruktion*.

Gegenbaur und die ihm folgenden Morphologen mußten mit Recht diese biologische Betrachtungsweise zunächst ablehnen, weil in ihr große Gefahren lagen zu einer Zeit, als man noch geneigt war, Organe gleicher Funktion auch als morphologisch gleich zu betrachten. *Gegenbaur* schrieb deshalb 1870, die vorwiegende Berücksichtigung der physiologischen Verhältnisse der Organe sei das größte Hemmnis für die Entwicklung der vergleichenden Anatomie gewesen. Aber nachdem die morphologische Beurteilung der Organe heute dank der Homologienforschung so weit gediehen ist, daß wir in der Berücksichtigung der Funktion keine Gefahren mehr erblicken können, da ist es die Pflicht der Morphologie, sich der biologischen Betrachtungsweise zuzuwenden. Tut sie das nicht, so wird sie, da von bin ich überzeugt, an Interesse noch viel mehr verlieren und danach in ihrer Bedeutung ganz verkannt werden. Seit einer Reihe von Jahren ist die Morphologie, weil sie nur die Phylogenese sah, immer mehr in den Schatten gedrängt worden, und hat der Vererbungslehre und der Embryologie immer mehr beeinflussenden Entwicklungsmechanik Platz machen müssen, wodurch eine kausal-analytische Forschungsperiode zur Herrschaft gelangt ist. Wie die menschliche Anatomie als Lehrfach durch die biologische Betrachtungsweise, wie sie vor allem *H. Braus* eingeführt hat, außerordentlich belebt worden ist, so wird die vergleichende Anatomie als biologische Anatomie ebenfalls einer neuen Blüte entgegengehen.

Daß die phylogenetische Forschung durch sie nicht vernachlässigt, sondern ebenfalls neues Interesse gewinnen wird, sei hier nur angedeutet. Die biologische Anatomie wird sich nämlich nicht nur auf die Erforschung der anatomischen Konstruktion eines sich vor unseren Augen abspielenden Lebensvorganges beschränken, sondern wird Hand in Hand mit der Paläobiologie, *O. Abel*, dem *Werdegang* der Lebenserscheinungen nachgehen. Dabei wird sie sich ganz besonders auf die Homologienforschung stützen. Aber die biologische Anatomie wird ihr dabei nicht blind

lings folgen, sondern sie wird als Wegweiser, als Korrigens der Homologienforschung auftreten. In Parallele zum Stammbaum der Organe und Organismen wird sie einen Stammbaum der Lebensweise aufstellen, beide müssen sich logisch decken, sonst ist die Ableitung falsch. Vorerst jedoch kann die Erforschung der Phylogenese für die biologische Anatomie nur von untergeordneter Bedeutung sein, bis die Lebenserscheinungen in ihrer für eine jede Erscheinung typischen und durch sie ursächlich bedingten anatomischen Konstruktion erforscht sein werden.

Kehren wir jetzt zu unserem eigentlichen Problem zurück und stellen wir die Fragen: Was für eine Lebenserscheinung ist der Gesang der Vögel und worin liegt die für ihn typische anatomische Konstruktion, die in ursächlichem Zusammenhang mit ihm steht? — Die anatomischen Werkzeuge, mit denen der Gesang hervorgerufen wird, sollen uns hier nicht beschäftigen. —

Alle Lebenserscheinungen, die wir am lebenden Tier wahrnehmen, stehen unter dem Einfluß von drei Trieben, dem Ernährungstrieb, Fortpflanzungstrieb und dem Trieb, sich zu schützen. Dazu kommen bei den höheren Wirbeltieren unserer Wahrnehmung in steigendem Maße zugängliche Äußerungen seelischer Erregungen. Es bedarf keiner Erörterungen, daß der Ernährungstrieb und der Trieb, sich zu schützen, mit dem Gesang nicht in Zusammenhang gebracht werden können. Wie aber einleitend auseinander-gesetzt wurde, wird fast allgemein der Gesang

hatte. Dabei war es am besten, wenn alle Vögel, die man dazu benutzte, von derselben Art waren, am selben Ort und möglichst während eines Jahreszyklus zur Beobachtung gelangten. Die biologischen Beobachtungen mußten sich erstrecken auf das erste Auftreten des Frühjahrs-gesanges, auf den letzten Gesang im Sommer, auf Herbst- und Wintergesang, ferner mußten Daten gesammelt werden über die Vorgänge der Paarung, die ersten Begattungen, Eiablagen und über etwaige Bruten im Herbst. Bei Zugvögeln wäre dazu noch der Ankunfts- und Abzugstermin festzustellen und zu erforschen gewesen, wie sie sich im Winterquartier verhalten. Zu den ana-tomischen Untersuchungen mußten Vögel erlegt werden beim Beginn des Gesanges, beim Auf-hören, bei Herbst- und Wintergesang, dann vor der Brunst, beim Beginn, dem Höhepunkt und dem Abflauen der Brunst und schließlich beim Beginn und während der Beendigung der Mauser.

Ich habe dies Material, so gut es gelingen wollte, vor allem am Buchfink in Freiburg i. B. gesammelt. Der Buchfink ist ein so häufiger und sich so rasch vermehrender Singvogel, daß man sich kein Gewissen daraus zu machen brauchte, wenn man einige von ihnen tötete. Ausführlich habe ich dies Material im Journal f. Ornithologie 1923, H. 2 u. 3 besprochen, worauf hiermit verwiesen sei.

Die Beobachtungen am Lebenden und die Er-gebnisse der anatomischen Untersuchungen bringe ich der Übersichtlichkeit halber in Form folgender Tabelle zur Darstellung:

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Fortpflanzung												
Samenbildung			123 + 45									
Gesang												
Mauser												

als Ausfluß des Fortpflanzungstriebes bezeichnet. Ist das zutreffend, dann muß sich dieser Zu-sammenhang auch anatomisch im Bereich der Geschlechtsorgane zeigen. Wir müssen also vor allem an den Keimdrüsen nach der „typischen Konstruktion“ suchen, die den Gesang ursäch-lich bedingt, oder mit anderen Worten, in den Keimdrüsen müßten sich anatomisch nachweis-bare Vorgänge abspielen, welche die Veranlassung für den Gesang darstellen.

Zu dem Zweck, dies zu erweisen oder als nicht zutreffend zu erkennen, mußte ein reiches Material gesammelt werden, das aus biologischen Beobachtungen und erlegten Vögeln zu bestehen

Das bedeutet: 1. Die Fortpflanzungsperiode beim Buchfinken beginnt in Freiburg in der dritten Märzwoche mit der Bildung der Paare und dem Auftreten der Brunstkämpfe, Anfang April sind die ersten Begattungen zu beobachten, die bis Mitte Juli, 13. Juli 1922, wiederholt werden kön-nen. 2. Während des Winters befinden sich die Hoden in völliger Ruhe, die Samenzellen sind Spermatogonien⁽¹⁾. In der letzten Februar-woche setzen Zellteilungen unter diesen ein und vergrößern sich die Zellen zu Spermatozyten⁽²⁾, bis Mitte März sind darauf durch die beiden Reifeteilungen die Prä-spermatiden⁽³⁾ und die Sper-matiden⁽⁴⁾ gebildet, die sich dann in der dritten

Märzwoche in reife Spermien⁽⁵⁾ umwandeln. Die Hoden schwellen in der Zeit von 1 : 2 mm Durchmesser zu 7 : 9 mm an, die Hodenkanälchen messen in der Ruhe 66 μ , Ende Februar 166 μ , während die des Brunsthodens sich auf 500—800 μ Durchmesser ausdehnen. Von der letzten Juliwoche an setzen die Rückbildungen der Samenzellen wieder ein, so daß Zellen und Maße bald wieder den Ruhestand erreichen. 3. Der Gesang des Buchfinken, die typische „Würzgebiet“-Strophe, ist in Freiburg regelmäßig schon am 2. oder 3. Februar zu hören und kommt gewöhnlich schon Mitte des Monats zur vollen Stärke. Anfang Juli klingt er langsam ab, den letzten Schlag hört man gewöhnlich am 8. oder 10. Juli. Ende Juli, den ganzen August, September und besonders den Oktober hindurch hört man schlechten Buchfinkengesang, und im Dezember habe ich das ebenfalls schon mehrfach gehört. Diese Herbst- und Wintersänger sind alles Jungvögel. Herbstgesang alter Buchfinken habe ich noch nicht feststellen können, doch halte ich das nicht für ausgeschlossen, kommt er doch bei vielen der anderen Herbstsänger, die im Oktober sehr lebhaft singen, Rotkehlchen und Rotschwänzchen vor allem, sicher vor. 4. Die Mauser setzt in der zweiten Juliwoche ein und dauert bis Ende September, sie ist bei Erwachsenen eine Vollmauser, bei Jungvögeln nur eine Teilmauser.

Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Die Fortpflanzungsperiode, die mit dem ersten Auftreten der Brunstkämpfe und der Teilung der Vogelgesellschaften in Paare beginnt, und mit der letzten Begattung ihr Ende erreicht, dauert anatomisch so lange, wie man reife Samenzellen in den Hodenkanälchen findet. Die Zeit der Samenreife und die Zeit des Zerfalls der Samenzellen gehört nicht zur Brunstzeit. Die Ergebnisse einer großen Untersuchung von *Tandler* und *Gross* über die Spermiogenese des Maulwurfs stimmen damit überein, denn sie beginnt schon im Oktober und ist erst im März beendet, und dann erst beginnt die Brunstzeit des Maulwurfs. Ebensovienig wie der Maulwurf im Winter in Brunst ist, so wenig ist es der Buchfink vor der dritten Märzwoche. Da der Buchfink mit seinem Gesang aber schon viel früher, bis zu 6 Wochen früher, beginnt, so kann der Gesang kein Brunstmerkmal sein. Derselbe Schluß ergibt sich aus der Tatsache, daß die Fortpflanzungsperiode im Juli länger dauert als die Gesangsperiode, beim Buchfinken etwa zwei Wochen. Das Ende des Vogelgesanges im Sommer geht dagegen synchron mit dem Beginn der Mauser. Da diese Sommermauser bei den ausgewachsenen Buchfinken eine Vollmauser ist, wird der Gesang völlig unterbrochen, während die den Jungvögeln nur eigene Teilmauser es nicht verhindert, daß diese schon bald nach dem Selbständigwerden anfangen zu singen. Dieses Singen der jungen Buchfinken ist zuerst nur ein Stümpfern, die typische Strophe will gelernt sein.

Im Oktober jedoch kann man schon recht guten Buchfinkenschlag zu hören bekommen.

Das Ergebnis dieser biologisch-anatomischen Untersuchung ist bisher also negativ ausgefallen, da wir die für den Gesang typische anatomische Konstruktion nicht gefunden haben. Das erste Ergebnis besagt also, daß der Gesang der Vögel mit dem Fortpflanzungstrieb in keinem ursächlichen Zusammenhang steht. Ich möchte dabei aber betonen, daß man wohl unterscheiden muß, daß die „Singvögel“, wie die meisten Vögel überhaupt, über die verschiedensten Lautäußerungen verfügen, von denen wir gewisse zweifellos als „Paarungsrufe“ und „Begattungslaute“ aufzufassen haben. Diesen steht aber der „Gesang“ als etwas ganz anderes schroff gegenüber!

Fragen wir uns jetzt aber, wo wir denn nun die anatomische Untersuchung anzusetzen haben, welche die „typische Konstruktion“ für die Lebenserscheinung Gesang aufdeckt, so bleibt uns nichts anderes übrig als das Gehirn als Organ für alle seelischen Regungen der Tiere. Die Hirnforschung ist aber leider noch nicht so weit, daß sie uns für jeden seelischen Vorgang die anatomische Unterlage demonstrieren könnte. Das muß der Zukunft noch überlassen bleiben. Immerhin sind wir wohl berechtigt zu sagen, daß die Vögel in ihrer Gesamtheit und unter ihnen besonders die „Sing“-Vögel und diejenigen, welche die menschliche Sprache nachzuahmen verstehen, auf höherer psychischer Stufe stehen, als die meisten anderen Tiere einschließlich der Säugetiere.

Ich komme also zu der Ansicht, daß der Gesang der Vögel immer der Ausfluß höherer psychischer Regungen ist, daß er immer von psychischen Reizen ausgelöst wird. Nur dann singen die Vögel nicht, wenn sie sich körperlich so wenig wohl fühlen, daß psychische Reize sie nicht zum Singen veranlassen können. Das ist der Fall im Winter, wenn die Nahrungssorgen den Vogel ganz beschäftigen, und zur Zeit der Vollmauser. Es wird Aufgabe der Ornithologen sein, durch Lebendbeobachtung die psychischen Reize, die den Gesang auslösen, zu erkennen. Solche Reize können von Freund und Feind und der leblosen Umgebung ausgehen, sie können so stark sein, daß sie Gesang auslösen, auch wenn der Vogel sich körperlich unwohl fühlt, ja wenn er sterbenskrank ist. Auch in der Zeit des Wandertriebes wird der Vogel unter besonderen psychischen Reizen stehen, welche dann Gesang auslösen, wenn die Wanderung etwa unterbrochen wird, oder aber wenn der Antritt der Reise im Herbst hinausgezögert wird. Den starken Herbstgesang der Rotkehlchen und Rotschwänzchen erkläre ich mir damit. Die Zeit aber, in der die Vögel unter den stärksten psychischen Reizen stehen, ist die Brunstzeit, deshalb wird der Gesang in dieser Zeit auch am stärksten erschallen. In der Verknennung dieser Über-

legung beruhte das alte Vorurteil, das im Vogelgesang lediglich einen Brünstgesang sehen wollte. Der Gesang der Vogel ist ein *Artmerkmal* und nicht ein Geschlechtsmerkmal. Daher erklärt es sich, wenn die weiblichen Singvögel vielfach richtigen Gesang hören lassen. Es ist vielleicht nicht zu viel gesagt, wenn man die Ansicht äußert, daß die Weibchen es psychisch in Zukunft auch einmal so weit bringen werden wie

es die Männchen jetzt schon sind, daß sie also ebenso stark und gut singen werden, wie wir es jetzt in der Regel nur von den männlichen Vögeln zu hören gewohnt sind.

Mit exakten biologischen Beobachtungen in Parallele mit genauesten anatomischen Untersuchungen, d. h. also mit Hilfe der biologischen Anatomie, wird man diese wie noch viele andere Probleme der Lösung zuzuführen imstande sein!

Besprechungen.

Study, E., Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. Zweite umgearbeitete Auflage. Erster Teil: Das Problem der Außenwelt. Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik, Bd. 54. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. X, 83 S. Preis Gz. geb. 3,5; geb. 5.

Mathematik und Physik. Eine erkenntnistheoretische Untersuchung. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 65. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. 31 S. Preis Gz. 1,5.

—, **Denken und Darstellung, Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in Mathematik und Naturwissenschaften.** Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 59. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. 43 S. Preis Gz. 2.

Die erste Schrift behandelt als „Einleitung“ in die Lehre vom physischen Raume, die Frage nach Sinn und Berechtigung unserer Annahme einer materiellen Welt überhaupt. Die ersten drei Kapitel unterscheiden, mit besonderer Bezugnahme auf *Vaihinger*, die Begriffe der Hypothese und der Fiktion; ihr Ziel ist der Nachweis, daß in den Aussagen der Naturforschung zwar durchweg hypothetische und fiktive Bestandteile ineinander vermischt auftreten, daß sie sich aber grundsätzlich durchaus voneinander unterscheiden lassen. — Das erste Kapitel handelt von den Hypothesen. Den Zweck der Hypothesenbildung sieht *Study* mit *Vaihinger* darin, das „Gegebene“ (d. h. vor allem den individuellen Empfindungsverlauf) in Zusammenhang zu bringen, um die Lücken dieses Zusammenhangs, die unsere Erfahrung uns reichlich darbietet, zu schließen. Zu diesem Zweck stellt die Hypothese eine „Abbildung“ des Gegebenen auf eine gewisse logische Verkettung her, wobei einzelnen Kettengliedern gegebene Stücke entsprechen, anderen aber nicht; und zwar werden diese logischen Verkettungen so gewählt, daß sich im ganzen ein möglichst einfaches, d. h. willkürfreies Weltbild ergibt. Während *Vaihinger* nur provisorische Hypothesen anerkennen will, d. h. Annahmen, die sich unmittelbar und vollständig an der individuellen Sinneserfahrung bestätigen oder widerlegen lassen, zeigt *Study* an zahlreichen Beispielen, daß die Hypothesen der Naturwissenschaft im allgemeinen nur mittelbar, nur teilweise und nur im Zusammenhange mit andern solchen Hypothesen eine empirische Prüfung gestatten, daß sie also höchstens „begründet“, nicht aber bestätigt werden können. — Das zweite Kapitel handelt von den Fiktionen. *Study* versteht darunter mit *Vaihinger* und *Lotze* Annahmen, die man mit dem vollständigen Bewußtsein ihrer Unmöglichkeit macht, weil man weiß, daß sie entweder innere Widersprüche enthalten oder dem Erfahrungsinhalt, auf den sie sich beziehen, nicht gerecht werden. Nur

Fiktionen der letzteren Art sind nach *Study* in der Naturforschung zulässig und notwendig, nämlich als bewußte „Idealisierungen“, schematische Vereinfachungen der Naturwirklichkeit. Denn mit solchen Vereinfachungen können wir zur Not fertig werden. Während ein genaues Weltbild nie in unsere Köpfe hineingehen würde, Der Gebrauch solcher Fiktionen in der Forschung schließt aber stets noch die Hypothese in sich, daß zwischen der Wirklichkeit und dem fingierten Bilde eine Art von Parallelismus besteht: erst diese Hypothese kann Erkenntniswert besitzen, nicht schon die Fiktion als solche, wie *Study* an zahlreichen Beispielen erläutert. — Im dritten Kapitel werden Tatsachen, Hypothesen und Fiktionen als Relativbegriffe, nämlich in ihrer Beziehung zum erkennenden Subjekt betrachtet; insbesondere wird (im Anschluß an *Vaihinger*) die Möglichkeit erörtert, daß eine und dieselbe Annahme nacheinander im selben oder gleichzeitig in verschiedenen Subjekten als Tatsache, Hypothese und Fiktion bewertet werden kann.

Das vierte Kapitel behandelt nun die realistische Grundhypothese und ihre Gegner, welche *Study* unter dem Namen Immanenzphilosophen zusammenfaßt. Für den sogenannten naiven Realismus des täglichen Lebens und der naturwissenschaftlichen Praxis ist die Außenwelt eine Tatsache schlechthin, für die Immanenzphilosophen ist sie höchstens eine praktisch brauchbare Fiktion „ohne Erkenntniswert“. Der „theoretische“ oder „wissenschaftliche“ Realismus hingegen, wie ihn *Study* vertritt, sieht in der Annahme der Außenwelt (neben der Annahme einer unbedingten Gesetzmäßigkeit alles Geschehens) die Grundhypothese der ganzen Naturwissenschaft, welche durch alle Erfahrung unausgesetzt bekräftigt wird, während sie durch die Einwände der Immanenzphilosophen nicht widerlegt zu werden vermag. Ihren Haupteinwand, daß der Begriff einer vom Erkennen unabhängigen Realität logische Widersprüche enthalte, beantwortet *Study* durch den Hinweis, daß die reale Außenwelt in logischer Hinsicht ein implizite definierter Gegenstand sei, analog den Gegenständen der mathematischen Axiomatik. Zwar vermögen wir nicht das Ding an sich zu erkennen, wohl aber Beziehungen zwischen Dingen. Das „tun wir z. B. schon dann, wenn wir sagen, daß nicht zwei physische Körper dieselbe Stelle in Raum und Zeit einnehmen können. Das Ding betrachtet der Physiker als Träger dieser Beziehungen, zahllose Fäden scheinen sich ihm von einem Ding zum andern zu spinnen, und genau so liegt die Sache im Grunde auch schon für den naiven Menschen, wenn er sich auch schwerlich mit diesen oder ähnlichen Worten ausdrücken wird. *Der Begriff des Dinges ist praktisch unentbehrlich. Er ist aber auch theoretisch unentbehrlich*, denn ohne die Annahme eines Trägers, an dem alle jene Fäden angeheftet sind, können wir es durchaus

nicht verstehen, warum sie zusammen bleiben. Zwar haben wir es bei der Außenwelt, anders als bei den Gegenständen der Axiomatik, „mit einer Hypothese zu tun, die auf immer Hypothese bleiben muß — aber mit einer Hypothese, die gerade in dem, worauf es ankommt, anderen Hypothesen gleicht, Hypothesen wie der Abstammungslehre, die jeder verständige Forscher annimmt, die aber folgerichtig ebenfalls abgelehnt werden müssen, wenn man auf Herbeischaffung eines bindigen Beweises (einer meines Erachtens sinnlosen Forderung) bestehen will.“ Umgekehrt ist es nun das Ziel *Study's*, den theoretischen Realismus als die einzig zulässige philosophische Fortbildung des naiven zu erweisen und damit zugleich zu zeigen, daß zwischen der Theorie der Immanenzphilosophen und ihrer Praxis, in der sie alle Realisten sind, ein unlösbarer Widerspruch besteht. Auch der naive Realist bildet, wie *Study* ausführt, beständig, und zwar ganz instinktiv, Hypothesen und fragt nach ihrer Bewährung: aus dem „eminent praktischen Grunde, daß es durchaus nicht gelingen will, ohne solche, wenn auch noch so unvollkommene und fluktuierende Hilfskonstruktionen der Phantasie und des Verstandes, in den Erscheinungen, besonders auch in denen der anderen Iche, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zu erkennen: Erst aus solcher Erkenntnis lassen sich brauchbare Motive des Handelns ableiten.“ Der theoretische Realismus besteht „in der bewußten und planmäßigen, zugleich vor- und unsichtigeren Ausübung desselben bewährten Denkprozesses und in seiner Anwendung auf die Erkenntnis um der Erkenntnis willen“. Ihm sind die Hypothesen unvermeidliche Brücken zwischen den Erscheinungen, um diese in logischen Zusammenhang miteinander zu bringen. So bleibt er mit der Praxis des Lebens und der Wissenschaft in bester Übereinstimmung; seine Gegner aber stehen ratlos vor der Frage, woher es kommt, daß die Fiktion einer Außenwelt alle anderen Fiktionen so weit an Brauchbarkeit überragt; worauf denn der Erfolg solcher Begriffsbildungen wie Materie, Atome, Lichtwellen usw. beruht, wenn wir doch in ihnen nicht einmal ungetreue Abbilder einer Wirklichkeit erblicken dürfen. Nach *Study's* Ansicht kennt der Realismus solche Fragen nicht, während sie für die Immanenzphilosophie unvermeidlich sind. Eine genügende Antwort auf diese Fragen hält *Study* gar nicht für möglich; immerhin zieht er einmal den Fall in Betracht, daß man „dem bezeichneten Problem ernstlich zu Leibe gehen sollte“. Die Immanenzphilosophen aber können jedenfalls, wie er meint, nur dann zu einer Lösung dieses Problems gelangen, wenn sie den Erkenntniswert, den der Realismus jenen Begriffsbildungen zuschreiben darf, im Widerspruch zu ihrem prinzipiellen Standpunkt nachträglich usurpieren: für sie „darf es keine Naturwissenschaft geben, wenn diese mehr als ein Gewebe von Einbildungen sein will, keine fremden Iche und keine Psychologie“.

Eine gesonderte Besprechung erfahren in den beiden nun folgenden Kapiteln noch der sogenannte Konventionalismus, der sich nach *Study* höchstens in nebensächlichen Dingen aufrechterhalten läßt („Je mehr Konventionelles und also Willkürliches in einer physikalischen Theorie steckt, desto schlechter ist sie“), und endlich der Fiktionalismus *Vaihingers*, welcher allgemein behauptet, daß unser Denken mit Widersprüchen durchsetzt ist, und daß gerade diese Widersprüche das Wertvollste daran sind. *Study* wendet sich insbesondere gegen *Vaihingers* Versuch, seine Lehre an der Mathematik zu erhärten: er findet „die Psychologie dieser Wunderlichkeit“ darin, daß *Vaihinger* zwischen der Mathe-

matik schlechthin und ihrem historischen Embryonalzustand (z. B. zur Zeit *Pythagoras* und *Aristoteles*) keinen Unterschied macht. Die reine Mathematik ist, wie *Study* darlegt, überhaupt nicht fiktiv; denn alle ihre Aussagen lassen sich, soweit sie einwandfrei begründet sind, auf Aussagen über natürliche Zahlen zurückführen, und der Begriff der natürlichen Zahl „ist — gleich anderen Begriffen (Säugetier, Vogel, Denken, Empfinden usw.) *imaginativ (ideell)*, aber keineswegs fiktiv. Wer immer ihn anwendet, hat nicht das Bewußtsein, daß sein Denken sich „im Unmöglichen bewegt“, am wenigsten die Mathematiker von Fach, die hier doch wohl zuerst gehört werden müssen“. Der Fortschritt der Mathematik beruht, wie der wissenschaftliche Fortschritt überhaupt, nicht auf etwaigen inneren Widersinn der Begriffsbildung, sondern gerade umgekehrt auf deren Wahrheitsgehalt. Der Fiktionalismus geht „auf Zerstörung alles redlichen Denkens aus“; seinen Gipfel erreicht er in dem „kindischen Zerstörungstrieb“ *Nietzsches*. Den Schluß dieses Kapitels bildet eine scharfe Absage an einen großen Teil der bisherigen philosophischen Literatur, deren Züge, so wie sie *Study* zeichnet, den „auf das Objektive gerichteten schlichten Sinn des Naturforschers und Mathematikers abstoßen müssen, dem es nicht entgehen kann, wie oft bei solchen Philosophen ein Wunsch, der Vater des Gedankens ist“.

Das letzte Kapitel faßt den Hauptinhalt der bisherigen zusammen in der (durch *O. Selz* angeregten) Lehre, daß unsere Erkenntnisse eine natürliche Rangordnung besitzen: In erkenntnistheoretischer Hinsicht an erster Stelle stehen Logik und Mathematik, dann folgt das „unmittelbar Gegebene“, dann nacheinander die Hypothesen der realen Außenwelt und des eigenen Ichs, des fremden Seelenlebens, endlich der Gesetzmäßigkeit *alles* Geschehens (mit Einschluß des psychischen). Hieran schließt sich noch eine Auseinandersetzung mit *Mach* und *Russell*. Zwar hält auch *Study* es für eine vernünftige Forderung, zuzusehen, wie weit sich die Theorie der Naturforschung unabhängig von der realistischen Grundhypothese, allein vom individuell gegebenen Empfindungsverlauf aus entwickeln läßt; aber er behauptet nicht nur, daß dieser Grundgedanke bei *Mach* ungenügend durchgeführt ist (was *Mach* wohl selbst am wenigsten bestritten haben würde), sondern auch, daß alle weiteren erkenntnistheoretischen Prinzipien *Machs* bereits seinem Grundgedanken widersprechen, auch das Prinzip der sparsamsten und genauesten Symbolisierung des Gegebenen. Erst das Werk von *Russell*¹⁾ ist nach *Study* ein ernsthafter Versuch, den Grundgedanken *Machs* durchzuführen. Auch hier bleiben jedoch eben die intellektuellen Bedürfnisse unerfüllt, in deren Befriedigung die Realisten „geradezu die Aufgabe der Erkenntnistheorie erblicken“; es ergibt sich nämlich nur „eine ungeheuer verwickelte Umschreibung des Dingbegriffs“, wobei das Ding als ein substratloser Komplex von Wechselbeziehungen erscheint. Nach *Study* existiert die Tatsache, auf die seines Erachtens das größte Gewicht gelegt werden muß, nämlich die *Zwangsläufigkeit*, mit der wir gewisse Vorstellungen bilden, für diese Betrachtungsweise gar nicht. Nichtsdestoweniger wird *Russell* im ganzen weit günstiger beurteilt als *Mach*. Seine eigene Arbeit hat *Study* in der Absicht ausgeführt, eine Basis zu gewinnen, von der „eine Untersuchung über die mit den Worten Zeit

1) „Our knowledge of the external world as a field of scientific method in philosophy“, 2. Aufl., London 1922.

und Raum zu verbindenden Begriffe ausgehen kann, ja die Basis, von der sie ausgehen muß“.

Als Thema der zweiten Schrift bezeichnet *Study* die Frage: „Was ist der Mathematik zuzurechnen, was ist spezifisch-physikalisch in der theoretischen Physik, und wie geht es zu, daß sich Teile der Mathematik überhaupt mit der Physik zu einer höheren Einheit verbinden lassen?“ Für den ersten Punkt vertritt *Study* im Hinblick auf die „präzise Begründung der Lehre von den Zahlen durch Dedekind und G. Cantor“ die Ansicht, daß sich die gesamte reine Mathematik auf das Rechnen mit natürlichen Zahlen gründen lasse. Bei dieser Auffassung wird auch die Geometrie „arithmetisiert“, d. h. ihre Gebilde werden durch Koordinaten und Gleichungen definiert. Z. B. heißt es: „Die Zahlenkonfiguration (je nach Umständen die einzelne Zahl, das Paar von Zahlen, das Tripel usw.) ist der Punkt.“ Hiermit ist die Raumanschauung als Forschungsmittel keineswegs ausgeschaltet, auch von den Anwendungsmöglichkeiten geht nichts verloren, während „die logische Seite der Sache sich sehr viel einfacher darstellt“ als bei der axiomatischen Begründung der Geometrie. Jedenfalls ist die gesamte reine Mathematik „logisch unabhängig von der Erfahrung“. Auch die theoretische Physik enthält, wie *Study* nun weiter ausführt, einen solchen arithmetisierbaren, rein mathematischen Bestandteil, und zwar ist dieser ausgewählt auf Grund eines außerlogischen Motivs, nämlich daß man nur solche Überlegungen anstellen will, deren Ergebnisse eine enge Beziehung zur Erfahrung haben. „Nur psychologisch und historisch“ ist also auch die theoretische Physik abhängig vom Inhalte der Erfahrung. Zur Antwort auf seine Hauptfrage unterscheidet nun *Study* in der Physik drei Bestandteile von ganz verschiedenem erkenntnistheoretischem Charakter, deren jedem eine bestimmte Methode entspricht: Erstens den mathematisch-deduktiven Bestandteil, zweitens den Bestandteil der Experimentalphysik mit der Methode der unvollständigen Induktion, und drittens zwischen jenen ein Grenzgebiet, das in beide übergreift und sie zueinander in Beziehung setzt, mit der Methode der Idealisierung (im früher besprochenen Sinne). Die physikalische Forschung stellt sich nun „historisch und psychologisch“ dar als ein Kreislauf durch jene drei Gebiete: „Beobachtungsergebnisse werden idealisiert und dadurch der mathematischen Behandlung zugänglich gemacht. Die Ergebnisse der Rechnung werden dann wieder mit der Wirklichkeit verglichen. Ist das Resultat unbefriedigend, so hebt der Kreislauf von neuem an, man versucht es mit einer verfeinerten oder auch ganz neuen Idealisierung. Das Grenzgebiet zusammen mit der mathematischen Theorie macht die theoretische Physik aus“.

In der dritten Schrift polemisiert *Study* gegen die Forderung von M. Pasch²⁾, daß grundsätzlich alle mathematischen Beweise in einfachste Syllogismen aufgelöst werden sollen. Diese Forderung läßt sich wohl in ausgewählten Beispielen verwirklichen, aber allgemein aufgestellt läuft sie darauf hinaus, daß die Darstellung in Wort und Schrift auf die ganz Unfähigen zugeschnitten werden soll, was praktisch unmöglich und auch didaktisch unerwünscht ist. Denn zur Schulung der Selbstkritik dient mehr noch als eine Sammlung zergliederter Schlußketten die Vorführung tatsächlich vorgekommener Fehlschlüsse, und was das Überzeugtwerden anbelangt, so fühlen wir uns durch so manchen logisch richtigen Beweis mehr düpiert als

belehrt. Überhaupt besteht Mathematik nicht darin, daß man nach Annahme gewisser Grundwahrheiten, wie Pasch sagt, „folgerichtig“ weiterdenkt“. Vielmehr könnte sowohl die Begriffs- als die Urteilsbildung rein logisch noch in unbegrenzt vielen Richtungen erfolgen: wenn in der Tat nur einige wenige solcher Richtungen eingeschlagen werden, so beruht diese Auswahl stets auf einem außerlogischen Motiv, einem Werturteil. So stehen wir denn vor einer der heikelsten Fragen, die es gibt: „Was ist wertvoll?“ Die Antwort auf diese Frage gibt *Study* im Anschluß an Poincaré: ihm ist wissenschaftlich wertvoll, was folgenreich, was fruchtbar ist, was unsere Kräfte stärkt. „Vor allen Dingen muß der Forscher Phantasie haben. Die reine Logik ist unfruchtbar, weil sie sich sofort ins Uferlose verliert.“ Also kann auch der mathematische Unterricht keineswegs eine bloße Anleitung zum Zergliedern sein; vielmehr wird der Lehrer der Mathematik, „so gut oder schlecht er es eben vermag, die Probleme zu motivieren, die Methoden zu vergleichen, die Zweckmäßigkeit der Begriffsbildungen zu beurteilen haben“, nicht dogmatisch, sondern um dem Hörer „zu Gemüte zu führen, über wie vieles der Mathematiker nachdenken muß, das im Deduktionsschema keinen Platz finden kann.“ — *Study* betont, daß seine Darlegungen ebenso wie diejenigen Paschs überall in dem schwierigen Gebiete der Werturteile sich bewegen, also in ihren Wurzeln tief ins Persönliche hinabreichen. Er bekämpft nur die „anachronistische“ Ausschließlichkeit, mit der ihm Pasch sein Ideal zu vertreten scheint. „Die freie Vortragsform erst hat das Aufblühen und Gedeihen der modernen Wissenschaft möglich gemacht. Dieser Freiheit, die eine gelegentliche Rückkehr zur antiken Darstellungsweise (und meinetwegen auch den Gebrauch einer Begriffsschrift) keineswegs ausschließt, wollen wir uns rückhaltlos freuen. Laßt uns versuchen, ihren Mißbrauch einzuschränken, vor allem Selbstkritik zu üben, nicht aber danach trachten, uns selbst und andere des köstlichsten Gutes zu berauben.“

Ich hoffe, im vorstehenden den Inhalt der drei Schriften im wesentlichen richtig wiedergegeben zu haben. Ihre Beurteilung wird natürlich davon abhängen, welche Aufgaben man einer Theorie der exakten Forschung zuweist. Karl Gerhards, Aachen.

Eddington, A. S., Raum, Zeit und Schwere. Ein Umriss der allgemeinen Relativitätstheorie. Ins Deutsche übertragen von W. Gordon. Sammlung „Die Wissenschaft“. Bd. 70. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. VIII, 204 S. und 19 Abbildungen. 14 × 22 cm. Preis Gz. geh. 6,50; geb. 8.

Bei den Einführungen in die Relativitätstheorie tritt je nach der Einstellung des Verfassers bald mehr die mathematische Geschlossenheit der Theorie, bald mehr die physikalische Notwendigkeit ihrer Gedankengänge in den Vordergrund. Eddington gehört zu den ausgesprochenen Bewunderern des mathematischen Gebäudes der Relativitätstheorie. Sein vor kurzem in diesen Blättern¹⁾ angezeigtes zweites Werk über diese Theorie (The Mathematical Theory of Relativity) und die von ihm darin gegebene, rein im Formalen liegende Weiterführung zeigen dies. Auch das hier vorliegende Buch, die Übersetzung von „Space, Time and Gravitation“ (erschienen 1920), das im wesentlichen die allgemeine Relativitätstheorie — „für Leser ohne fachwissenschaftliche Vorkenntnisse“ —

²⁾ „Mathematik und Logik“, Leipzig 1919.

¹⁾ Die Naturwissensch. 11, 382 (Heft 20), 1923. Besprechung von M. v. Laue.

behandelt, legt besonderes Gewicht auf die Darstellung der Verknüpfung der Physik mit der Geometrie. So bildet auch ein Prolog „Was ist Geometrie?“ die Einleitung.

Trotzdem bleibt *Eddington* nicht beim Mathematisch-Formalen stehen. Gerade die Deutung der physikalischen Vorgänge durch die Relativitätstheorie im Vergleich zu der durch die klassische Physik ist mit großer Eindringlichkeit dargestellt (z. B. 4. Kapitel: Kraftfelder, worin das Äquivalenzprinzip außerordentlich anschaulich behandelt wird).

Daß im ganzen *Eddington* der Relativitätstheorie gegenüber eine durchaus selbständige Auffassung einnimmt, zeigt besonders das 12. Kapitel: Über die Natur der Dinge. Die vierdimensionale „Welt“ bedeutet für ihn kein bloßes Schema, in das die physikalischen Vorgänge sich einordnen lassen, sondern sie ist die wirkliche Welt der Physik; die alltägliche dreidimensionale Welt besitzt für sich keine Realität. Die vierdimensionale Tensordarstellung der physikalischen Zusammenhänge ist vielleicht als die letzte Stufe physikalischer Erkenntnis aufzufassen. „Die physikalische Forschung kann niemals über die Form hinausgelangen.“ Die Materie und ihre Bewegung sind Äußerungen der Krümmung von Raum und Zeit und nur das.

Von großem Interesse ist das 10. Kapitel: Der Unendlichkeit entgegen. Hier setzt sich *Eddington* mit den kosmologischen Untersuchungen von *Einstein* und *de Sitter* auseinander. Ähnlich wie *Weyl* und andere Autoren steht er ihnen hier im ganzen ablehnend gegenüber. Er will die Zentrifugalkraft nicht auf eine Rotation relativ zu irgendwelcher von uns feststellbaren Materie zurückführen. Für ihn sind die geodätischen Linien ebenso real wie die materiellen Teilchen. Beide kennzeichnen die absolute Struktur der Welt, und eine Rotation relativ zur geodätischen Struktur steht augenscheinlich auf keiner anderen Stufe wie eine Geschwindigkeit relativ zur Materie. Fern von allen Massen sind die geodätischen Linien Gerade und bilden das „Trägheitssystem“. In einem zum Trägheitssystem rotierenden Koordinatensystem treten (zufolge der Relativität der Kraft) Zentrifugalkräfte auf. In dieser Auffassung ist dann freilich, wie auch *Eddington* hervorhebt, die dargestellte Theorie keine eigentliche Relativitätstheorie; sie wird vielmehr zur einfachen Gravitationstheorie. In seinem zweiten Werk (z. B. S. 160 und 168) erkennt übrigens *Eddington* die kosmologischen Untersuchungen von *Einstein* u. a. in ihrer vollen Bedeutung an.

Auf alle Fälle ist mit der von *W. Gordon* besorgten, gut gelungenen Übersetzung von „Space, Time and Gravitation“ eines der wertvollsten Bücher über die Relativitätstheorie, das reich ist an klugen Gedanken und treffenden Einfällen, dem deutschen Leser leichter zugänglich geworden. Allerdings bietet es infolge seiner mehr abstrakten Einstellung nicht immer den leichtesten Weg dar, in die Theorie vorzudringen.

A. Kopff, Heidelberg-Königstuhl.

Winternitz, Josef, Relativitätstheorie und Erkenntnislehre. Wissenschaft und Hypothese XXIII. Leipzig. B. G. Teubner, 1923. 8° VIII, 230 S. Preis Gz. geh. 3,5; geb. 4,6.

Dieses Buch ist eine ausführliche Darstellung der philosophischen Probleme der Relativitätstheorie, die sich durch gute Beherrschung des physikalischen Ge-

halts der Theorie auszeichnet. Ein einleitender Abschnitt teilt die erkenntnistheoretische Stellung des Verfassers mit, es folgen 9 Abschnitte über Relativität von Raum und Zeit, den absoluten Raum, die spezielle Relativitätstheorie, Zeitordnung und Kausalzusammenhang, Geometrie und Erfahrung, Relativität und Gravitation usw. Im Schlußkapitel setzt sich der Verfasser mit anderen philosophischen Auffassungen der Theorie auseinander.

Die philosophische Einstellung des Verfassers ist eine Art „geläuterter Kantianismus“. Er glaubt, daß es apriorische Prinzipien der Physik gibt, zumindest das Kausalitätsprinzip, unterscheidet sich von Kant aber darin, daß er die von Kant selbst genannten Prinzipien zum Teil aufgibt. Vor allem erkennt er die Einsteinsche Relativität von Raum und Zeit völlig an. Jedoch sind seine Ausführungen nicht so sehr eine Begründung dieses philosophischen Standpunktes, als eine Reihe von Anmerkungen zum Verständnis der Relativitätstheorie; und als solche mögen sie zur Einführung in die begrifflichen Probleme manchem von Nutzen sein. Freilich wirkt die mehr glossierende Art der Darstellung, die aus einem Mangel an Disposition entspringt, ermüdend, und so mögen manche scharfsinnige Einzelbemerkungen unter dem schlecht geordneten Stoff für den Leser verloren gehen. Auf keinen Fall wird man aber diese Darstellung als einen Beitrag zum Aprioritätsproblem betrachten dürfen, denn sie teilt ihre Auffassung nur mit, ohne sie eingehender zu begründen.

Fragen wir nach der Auffassung der einzelnen begrifflichen Probleme der Theorie, so muß anerkannt werden, daß hier eine gute Zusammenstellung der bisher bekannten Darstellungen gegeben wird. Was über Gleichzeitigkeit, Geometrie und Erfahrung, Relativität der Bewegung, reine Anschauung gesagt wird, ist mit gutem Urteil gerade den tieferen Arbeiten auf diesem Gebiete entnommen. Einige Bemerkungen verraten auch Originalität, so die Anmerkung über den Uhrentransport auf S. 83, die Kritik an einem Mißverständnis des Referenten in bezug auf die Weylsche Theorie (S. 217), das allerdings im wesentlichen schon vom Referenten selbst korrigiert wurde, eine Bemerkung über physikalische Beobachtungen, die keine Koinzidenzen sind (S. 158), u. a. Dagegen offenbaren andere Stellen einen gewissen Dogmatismus, der manches denkbare Verhalten der Natur als a priori unmöglich ausschließen will, so die Ablehnung der zeitlich geschlossenen zeitartigen Weltlinie. Vor allem ist hier aber die Auffassung der Kausalität als eines unentbehrlichen Prinzips der Physik zu nennen, die den Verfasser sonderbarerweise dazu verführt, die Existenz einer Maximalgeschwindigkeit der Wirkungsübertragung als a priori notwendig zu fordern; während doch höchstens zu folgern wäre, daß jede Wirkungsübertragung sich mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitet (also möglicherweise auch ohne Grenze im Endlichen). Ferner scheint mir die Weylsche Forderung der Relativität der Größe auf S. 180 zu Unrecht abgelehnt zu werden. Aber es wird richtiger sein, die Verfolgung dieser sachlichen Fragen nicht so sehr in dem Buch zu suchen, das vor allem mitteilen will; und würde der Ton des Werkchens diesen vorzugsweise darstellenden Charakter im Gegensatz zur forschenden Untersuchung mehr unterstreichen, so würde es damit nur gewinnen.

Hans Reichenbach, Stuttgart.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Die physikalische Wirklichkeit.

Die Physik will, wie zuletzt alle Wissenschaft, die Wirklichkeit erforschen helfen. Der Teil der Wirklichkeit, der ihr Forschungsgebiet ist, wird von den außerhalb des menschlichen Körpers gelegenen Bedingungen der erfahrungsmäßig gegebenen sinnlichen „Empfindungskomplexe“ gebildet. Diese Bedingungen sollen nach der gewöhnlichen Auffassung der Physiker nicht selbst wieder sinnlicher Natur sein. Da nun aber alle Erfahrung auf sinnlicher — sinnesphysiologischer — Unterlage beruht, macht jene Auffassung ein Nicht-erfahrbares zum Gegenstand der physikalischen Forschung. Das kann sich nur dadurch rechtfertigen, daß das nichterfahrbare Weltbild, das von der Physik entworfen wird, Punkt für Punkt der wirklichen Erfahrung eindeutig zugeordnet werden kann (*H. Hertz*).

Diese eindeutige Zuordnung eines Bildes — eines „inneren Scheinbildes“ oder „Symbols“ (*H. Hertz*), einer „Fiktion“ (*Vaihinger*) — zur Erfahrung ist eine indirekte Beschreibung der physikalischen — nämlich von der Physik gesuchten — Wirklichkeit. Denn sie ist dadurch eine doppelte Zuordnung, daß sie zwischen die sinnesphysiologische Wirklichkeit und das arithmetische System eine geometrische Anordnung, ein geometrisches Gebäude einschaltet, für das jenes arithmetische eine direkte Beschreibung gibt. So selbst noch in der Relativitätstheorie, solange man z. B. noch von der Minkowskischen vierdimensionalen Welt spricht, oder in der quantentheoretischen Atomtheorie, in der man zwischen die spektroskopischen Erfahrungen und die sie vorauszusagen gestattenden arithmetischen Entwicklungen das „Atommodell“ einschleibt.

Natürlich sind diese Bilder von größtem Wert, solange man eine direkte arithmetische Zuordnung zur Erfahrung noch nicht vornehmen kann. Es ist aber erkenntnistheoretisch irreführend, wenn man sie als die physikalische Wirklichkeit hinstellt. Diese ist und bleibt vielmehr, wie alle dem Menschen zugängliche Wirklichkeit, die sinnesphysiologische, durch seine Sinnesorganisation bedingt, und im besonderen sind die eigentlichen Objekte der Physik Koinzidenzen von Wahrnehmungen und ihre letzte Aufgabe, diese arithmetisch zu ordnen, sie ohne Zwischenschaltung eines geometrischen Bildes in ein arithmetisches System zu bringen oder sie direkt zu beschreiben. Wie sich die Geometrie die Arithmetisierung hat gefallen lassen müssen, muß es schließlich auch die Physik. Die geometrischen Zwischenstücke sind ja im Grunde in denselben Maße unanschaulich wie die arithmetischen Systeme. Die allein anschaulich lebendige Geometrie des Geometers, Trigonometers, Kristallographen, Astronomen, Technikers usw. ist die „perspektivische“, eine andere Anschaulichkeit als die sehräumliche gibt es nicht, und wer den Euklidischen Raum für anschaulich hält — wie z. B. sogar der Physiologe v. Kries in seiner Logik — läßt sich durch die Unterschiebung des Sehraums täuschen, die er stillschweigend selber vornimmt.

Darum ist es auch irreführend, wenn man die Frage der Relativitätstheorie nach der Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt als erkenntnistheoretische nimmt. Die Erkenntnistheorie bleibt von diesem Problem durchaus unberührt. Es ist ganz allein eine Frage nach Endlichkeit oder Unendlichkeit des geometrischen Bildes der physikalischen Wirklichkeit. Daher könnte ebenso gut eine zeitliche Endlichkeit wie

eine räumliche und neben der räumlichen, also eine endliche vierdimensionale Welt behauptet werden¹⁾. Mit der physikalischen Wirklichkeit hat das gegenwärtig nichts zu tun, es betrifft einstweilen nur das geometrische Bild, obwohl die dem Menschen zugängliche Wirklichkeit — die Welt des Menschen — räumlich und zeitlich tatsächlich nur endlich ist, zuletzt also auch die physikalische Wirklichkeit.

Ein starkes Hemmnis für das Durchdringen der hier skizzierten Anschauung scheint noch immer die Meinung zu bilden, die räumlichen und zeitlichen Maße müßten absolute unveränderliche Größen sein. Sind aber nur Koinzidenzen die empirischen Gegenstände der physikalischen Theorie, so kommt es überhaupt nur auf Ortsgrößen an, auf Ortsraum wie auf Ortszeit: eine allgemeine Zeit und eine allgemeine Länge sind dann ganz überflüssige Forderungen, völlig leer laufend.

Kann ich dies aus logischen und aus erkenntnistheoretischen Beweggründen fließenden Ausführungen *Rudolf Seeligers* über die Raumfrage (Die Naturwissenschaften 1923, 34. Heft, S. 725) auch nicht für zutreffend halten, so erscheinen sie mir gleichwohl dankenswert. Über diese Dinge müßte doch endlich Klarheit geschaffen werden können: die Zeit ist überreif dazu. Aus dem oben Dargelegten geht wohl deutlich genug hervor, daß *Seeligers* Erörterungen gar nicht die physikalische Wirklichkeit, sondern nur jenes geometrische Zwischenstück betreffen. Fällt das letztere, dann auch der Streit über Nah- und Fernwirkung, der auf gar keine Realität geht: für die Beschreibung ist es prinzipiell gleichgültig, ob die „Zeitkoordinate“ in dem betreffenden beschreibenden arithmetischen Ausdruck enthalten ist oder nicht. In der physikalischen Wirklichkeit „wirkt“ auch gar nichts und wird nichts „bewirkt“; sie enthält nur Geschehnisse, die einander eindeutig zugeordnet werden können, in Abhängigkeit von der „Zeit“ oder unabhängig von ihr. So ist es auch kein erkenntnistheoretisches Problem, wie man den „Körper“ und das „Kraftfeld“ definieren soll. Zweifellos ist der Vorschlag *Seeligers* innerhalb des Gebietes jenes Zwischenstücks zulässig. *Mach* hat schon in seiner Prager Programmschrift von 1872 denselben Gedanken ausgesprochen („Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit“ Zweiter Abdruck, Leipzig 1909, S. 32): „Ein Körper ist dort, wo er wirkt.“ Dieser Körper ist aber ebenso wenig physikalische Wirklichkeit wie der Körper ohne „Kraftfeld“. Er ist nur Sache der Beschreibung, der Begriffsbildung, die der Theoretiker so und so handhaben kann. Nur die geschichtliche Entwicklung wird darüber entscheiden, in welchem Maße die physikalische Wirklichkeit zweckmäßig mit den Begriffen von — räumlicher und zeitlicher — „Fernwirkung“ und „Nahwirkung“ aufzufassen zu beschreiben ist. Einst aber wird das geometrische Zwischenstück aus der Physik verschwunden sein, und, wenn ich ein mathematisches Bild gebrauchen darf, statt einer projektiven werden wir eine perspektive Physik haben, statt einer mittelbaren arithmetischen Zuordnung eine unmittelbare.

Berlin-Spandau, 14. September 1923.

Petzold.

1) Die Einsteinsche absolute Welt ist „räumlich“ endlich, „zeitlich“ unendlich, obwohl man bei den x_1, x_4 gar nicht mehr an Räumliches oder überhaupt Ausgedehntes zu denken brauchen soll.

Physiologische Mitteilungen¹⁾.

Galvanotaxis beim Regenwurm. (A. R. Moore, Journ. of gen. physiol. Bd. 5, Nr. 4, S. 452—459, 1923.) Wie Veri. und Kellog gemeinsam mitteilten (1916), wendet der Regenwurm, unter Wasser dem galvanischen Strom ausgesetzt, beide Körperenden der Kathode, die Körpermitte der Anode zu; bei transversalem Stromfluß im Körper nimmt dieser also U-Gestalt an, indem sich die kathodennahe Muskulatur unverhältnismäßig stark kontrahiert. Hyman und Bellamy erklärten dies Verhalten nach dem Kathophoresprinzip: Das Potential (inneres) der Körperenden sei positiv gegen die Körpermitte, und so würden die Körperenden von der Kathode angezogen, die Körpermitte aber von ihr abgestoßen, so daß das Tier sich passiv in den Strom einstelle, etwa wie die auf Kork gesteckte Magnetnadel in einer Waschrüssel, sich nach Norden dreht.

Der folgende neue Versuch widerlegt diese Annahme schlagend und entzieht damit der Hymanischen Hypothese ihre beste Stütze: unpolarisierbare Elektroden werden dem in Luft befindlichen Regenwurm dergestalt an die Körpermitte angelegt, daß der Strom quer durch den Körper fließt. Wiederum beugt nun das Tier die beiden Körperenden der Kathode zu, gleichgültig ob nach dorsal, ventral oder zur Seite (je nach der Lage der Elektroden), obwohl die Körperenden jetzt stromlos sind. Wird das Bauchmark aber links und rechts vom durchströmten Querschnitt durchtrennt, während sonst alle anderen Organe intakt bleiben, so unterbleibt die Reaktion der Körperenden. — Läßt man den Strom am Hinterende des Tieres ein- und am Vorderende (Kathode) wieder austreten (im Wasser wie auch in der Luft), so kontrahiert sich die Ringmuskulatur und das Tier wird so lang als möglich. Liegt jedoch die Kathode am Hinterende, so kontrahiert sich die Längsmuskulatur, und das Tier wird so kurz wie möglich. Dasselbe tritt auch ein, wenn nur ein Teil des Körpers durchströmt wird. Ragt z. B. die ganze Körpermitte und das Hinterende aus dem vom Strom durchflossenen Paraffintroge mit Wasser heraus, so dehnt oder kontrahiert sich doch der ganze Körper maximal je nach der Lage der Kathode.

All das spricht entschieden dafür, daß die Galvanotaxis zustande kommt, indem das elektrisch erregte Bauchmark in verschiedenen Muskelgruppen verschieden starken Muskeltonus erregt. Wird dabei nun der ganze Reflexbogen oder nur Teile von ihm durchlaufen, und wenn, welche? Die Exteroreceptoren spielen sicher keine Rolle, denn Magnesiumanästhesie hebt die beschriebenen Reaktionen nicht auf. Wie partielle Querschnittsversuche zeigen, leitet nur das Bauchmark die Erregung. Da man nun nicht wohl eine Wirkung des elektrischen konstanten Stromes auf die Nervenfasern annehmen kann, so bleiben allein die Ganglienzellen übrig, die denn auch schon von Loeb und Maucell (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 63, 121, 1896) bei ihrer Analyse der Galvanotaxis von *Palaemonetes* als Angriffspunkt der Erregung durch den Strom angesprochen wurden. Die Polarität des Vorganges aber erklärt Veri. durch folgende Annahme: Der Strom erregt nur die Ganglienzellen, bei denen am axonalen Pole (der Seite, wo das Axon austritt) die Konzentration positiver Ionen erhöht ist, nicht da-

gegen diejenigen, bei denen am abaxonalen Pole (der dem Axonaustritt entgegengesetzten Seite) erhöhte +Ionenkonzentration herrscht. Dann müßten alle motorischen Ganglienzellen, die die Ringmuskulatur erregen, die Stelle des Axonaustrittes dem Vorderende zuwenden, während die motorischen Neuronen für die Längsmuskulatur mit dem abaxonalen Pole dem Hinterende zugewandt lägen. Natürlich ließe sich auch die sinngemäß in allen Stücken umgekehrte Annahme machen. — Da die Reizung weniger Ganglien genügt, um den ganzen Körper in gleichsinnige Erregung zu versetzen, so folgt, daß Längsverbindungen von analogen Neuronen (z. B. der motorischen Ganglienzellen für die Längsmuskulatur der verschiedenen Körpersegmente) durch das ganze Bauchmark laufen müssen. — Die Kathophoresetheorie der Galvanotaxis von Metazoen ist abzulehnen, die Muskeltonustheorie beherrscht das Feld.

Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Spinnen.

(Etienne Rabaud, Année psychol. Bd. 22, S. 21—57, 1922.) Veri. verweist eine Reihe bekannter Spinnenbeobachtungen von Fabre ins Reich der Fabel und versucht, sie durch exakte sinnesphysiologische Untersuchungen und darauf gegründete sichere Schlüsse zu ersetzen. Nach Fabre soll *Thomisus obustus* nur Bienen fressen, und sie um ihrer Gefährlichkeit willen durch einen bestimmt lokalisierten Biß lähmen; die *Argiopiden* dagegen fressen die verschiedensten Insekten und haben es daher nicht zu solch spezialisierten Fähigkeiten im Lähmen der Beute gebracht. In Wahrheit verhalten sich beide Gruppen gleich; beide fressen beliebige Beutetiere und beißen zu, wo und wie immer die relative Lage von Beute und Cheliceren des Erbeuters, kurz der Zufall es mit sich bringt. Von *Thomisiden* gebissene Insekten sterben rasch, von *Argiopiden* gebissene, besonders Heuschrecken und Hummeln, können leben bleiben und nach 24 Stunden wieder völlig erholt sein.

Der Hauptteil der Arbeit beschäftigt sich mit den *Argiopiden*. Bei der Nahrungsauswahl spielt der Gesichtssinn sicher keine Rolle (sie sehen höchstens einige Millimeter weit), auch die Körpergröße und -form ist gleichgültig, doch ist der Geruch maßgeblich. So werden Hornissen im Gegensatz zu Wespen verschmäht, ebenso stinkende Baumwanzen, sobald sie ihre Stinkstoffe ausscheiden. Die „Gefährlichkeit“ spielt gar keine Rolle; so wird auch die große *Xylocopa violacea* ohne weilers gefressen. — Die *Argiopiden* pflegen ihre Beute, bevor sie sie fressen, einzuspinnen, indem sie sie rotieren lassen und dabei mit den Hinterbeinen den Faden darumwickeln. Ist das Tier wegen seiner Größe, flacher Form oder dergl. schwer beweglich, so bespinnen sie die eine Körperseite, ohne zu drehen. Bienen, Heuschrecken u. a. werden stets zuerst eingespinnen, dann gebissen, *Eristalis* dagegen wird erst gebissen und dann flüchtig eingespinnen, nie zum zweiten Male gebissen; Schmetterlinge endlich werden ohne weiteres gefressen.

Ähnliche Unterschiede macht auch *Agalena* gegenüber großen und kleinen Beutetieren, doch läßt sich zeigen, daß lediglich der Grad der Erschütterung, die das Beutetier hervorruft, das Verhalten der Spinne bestimmt. Starke Erschütterungen jagen die Spinne in die Flucht, schwächere veranlassen sie zuzubeißen. Das gleiche Verhalten ließ sich mit Stimmgabeln auslösen, deren Tonhöhe der einiger Beutetiere ungefähr entsprach. Die Stimmgabel von

¹⁾ Aus den Bericht. üb. d. ges. Physiol. u. experim. Pharm.

435 V.D., auf den Netzrand aufgesetzt, zog die Agalena lebhaft an, stieß sie in der Nähe aber wieder ab; eine andere von 256 V.D. dagegen wurde auch aus der Nähe nicht gelassen, sondern erklettert und sogar gebissen. Daher ist auch das Verhalten gegenüber dem Schmetterling ein anderes als gegenüber starke Erschütterungen setzenden Beutetieren, wie der brummenden Fliege, der Biene usw., denn der Schmetterling bewegt sich nur schwach und wird entsprechend kurz abgetan. Die soeben angeschlagene Stimmgabel mit ihren starken Schwingungen stößt stets aus der Nähe ab, die schon stark gedämpfte gleicher Tonhöhe wird unter Umständen sogar eingesponnen. — Der Annäherungsreflex, der Beißreflex, der Einspinnreflex und endlich der Reflex, bei Annäherung an die einzuspinnende Beute einen weit dickeren Faden zu spinnen als auf dem gewöhnlichen Wege, diese 4 Reflexe, die zur Kette verbunden, im landläufigen Sinne als Instinkt bezeichnet werden könnten, lassen sich einzeln und abgesondert auslösen. Hat man durch häufiges Aufsetzen der Stimmgabel auf den Netzrand die Spinne gegen die Fernwirkung, die immer keine Beute bringt, abgestumpft, so kann man durch direkte Berührung der Spinne selbst mit der Gabel den Einwickelreflex allein auslösen. Manchmal spinnen Argiopiden schon unbeweglich gemachte Beutetiere nachträglich noch ein, und zwar jetzt stets in gleichsam nachlässiger Weise, mit dünnem Faden und nur wenigen Windungen. Dies „sekundäre“ Einspinnen läßt sich mittels kleiner Papierrollchen auslösen, die mit Fliegensaft getränkt sein müssen. Auch hier sind also Geruchs- oder Geschmacksreize mitbeteiligt.

Fabre hatte behauptet, die Spinne halte in ihrem Schlupfwinkel den Faden, der vom Zentrum des Netzes zum Schlupfwinkel zieht, und an dem entlang sie sich auf Erschütterungen des Netzes hin zum Netze begibt, in den Klauen, so daß er ihr sofort jede Erschütterung des Netzes von dem erschütterungsempfindlichsten Punkte desselben aus signalisiere („fil avertisseur“). In Wahrheit geht der Faden nicht immer von der Mitte aus, sondern auch von beliebigen anderen Netzteilen, und nachdem er durchschnitten ist reagiert die Spinne auf Netzerschütterungen, noch genau so wie vorher, indem die radiären Anheftungsfäden die Erschütterungen zu dem Blatte leiten, auf dem sich die Argiopa verborgen hält. Auch braucht das Tier beim Aufsuchen der Beute durchaus nicht immer die Netzmitte zu passieren; der Weg der Erschütterungen, die sich vom zappelnden Beutetiere dem Netz mitteilen, zeigt der Spinne den Weg. Lenkt man die Erschütterungswellen ab, z. B. durch ein ins Netz geworfenes kleines Holzsplitterchen, so geht die Spinne irre. Wie man sieht, ist die Reihenfolge der Reflexe in der Kette durchaus nicht festgelegt, sondern mit den auslösenden äußeren Umständen variabel und zwar in hohem Maße. Die anschließenden Erörterungen über das Verhältnis von Instinkt und Intelligenz über die „Überflüssigkeit“ der verwickelteren Tätigkeiten wie Netzbau, Einspinnen usw. mögen im Original nachgelesen werden.

Untersuchungen über den Mechanismus der phototropen Bewegungen. (W. v. Buddenbrock, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, hrsg. v. d. Kommission z. Untersuchung d. dtsh. Meere in Kiel u. d. Biol. Anst. auf Helgoland. N. F. Abt. Helgoland, Bd. 15, Festschrift für Heincke, Abhandlung 5, 1922.) Schon in einem Vortrage (vgl. diese Berichte 9, 504) hatte Veri. sich gegen *Loebs* Tropismenlehre gewandt und eigne Auffassungen über die phototaktischen Be-

wegungen der Tiere auseinandergesetzt. Es könnte zwar scheinen, als ob durch die Untersuchungen von *Cole* (1907), *Bicrens de Haan* (vgl. diese Berichte 10, 187) u. a. der Tropismenlehre endgültig der Garaus gemacht worden sei, doch liegen die Verhältnisse doch nicht so einfach, wie man zuerst annahm, zweitens gilt es, etwas Neues an die Stelle des Alten zu setzen. Die vorliegende Arbeit bringt nun vor allen Dingen das im Vortrage versprochene Tatsachenmaterial zum Beweise der Aussage, daß *Loebs* Gesetz von der Erregungssymmetrie nicht zur Erklärung der gerichteten Bewegungen der Tiere im Felde zweier voneinander entfernt angebrachter Reizquellen ausreicht.

Veri. arbeitete nur mit positiv phototaktischen Tieren. Zwei kleine Nachtlichter standen in einiger Entfernung voneinander auf der schwarzen, in kleine Quadrate untergeteilten Tischplatte, auf der das Landtier kroch; seine Kriechspur wurde durch kleine Kreidezeichen markiert und hernach mittels eines Verkleinerungsverfahrens auf Millimeterpapier übertragen. Die Bewegungen von Wassertieren in runden Glasbehältern, hinter deren Wand die Lichter standen, wurden freihändig aufs Papier übertragen. Nach jedem Versuche vertauschte Veri. die beiden Nachtlichter miteinander, um die Wirkung etwaiger Intensitätsunterschiede auszuschalten. — Tiere, die im Sinne der Tropismenlehre *regelmäßig* und ausnahmslos zwischen beiden Lichtern hindurchwandern, wurden überhaupt nicht beobachtet, vielmehr kamen fast alle Tiere zuletzt am einen oder am anderen Lichte an: nur in sehr wenigen Ausnahmefällen (einmal bei *Nassa incrassata*, zweimal bei *Asterias rubens* unter 22 Füllen, stets bei Zoesa- und Megalopalarven von dekapoden Krebsen, sowie bei *Podocerus falcatus*, wenn die beiden Lichter nahe beieinanderstanden, nicht dagegen, wenn sie weiter voneinander entfernt waren) erfolgte Durchlaufen oder Schwimmen bis zur Glaswand zwischen den beiden Lichtern.

Es lassen sich nun zwei Reaktionsweisen unterscheiden: a) Die Tiere bewegen sich von Anfang an mehr oder weniger geradlinig gegen das eine der beiden Lichter, gleich als ob das andere Licht gar nicht vorhanden wäre; b) die Tiere gehen zuerst in der Richtung der Mittelsenkrechten voran, die man auf der Verbindungslinie der beiden Lichter errichtet denken möge, bis zu dem „Entscheidungspunkte“, dessen Abstand vom Fußpunkte der Mittelsenkrechten für die einzelne Art recht konstant zu sein pflegt; hier halten sie an und führen unter Umständen Suchbewegungen aus, um sich dann dem einen der beiden Lichter zuzuwenden. Am nächsten dem Fußpunkte der Mittelsenkrechten liegt der Entscheidungspunkt bei *Podocerus falcatus*, der dort also fast um 90° von der Mittellinie abbiegen muß, um zu einem der Lichter zu gelangen. Stehen die Lichter so nahe beieinander, daß der Entscheidungspunkt außerhalb des Gefäßes fällt, so schwimmen die Tiere, genau so wie es die Tropismenlehre verlangt, geradeaus zwischen den beiden Lichtern hindurch bis zur Glaswand; rückt man aber die Lichter so weit auseinander, daß der Entscheidungspunkt noch im Gefäße liegt, so folgen die Krebstiere nur bis zu ihm der Mittellinie, um dann im fast rechten Winkel zu einem Lichte abzubiegen.

Keine Tierart befolgt ausschließlich die eine oder die andere Reaktionsweise; bei *Asterias rubens*, *Nassa incrassata*, *Diastylis rathkei*, *Hippolyte varians* läßt sich keine deutliche Bevorzugung der einen vor der anderen Reaktionsweise erkennen. An-

derer Formen bevorzugen deutlich die Reaktionsweise a, nämlich Eupagurus, Carcinus maenas, Galathea intermedia, Mysis ornata, Buccinum undatum, Oerstedtia dorsalis (Nemertine), Scopellosona satellitia-Raupen und die Fliegen Laphria, Sarcophaga, Calliphora u. a. Zu denen, die in der Regel nach b reagieren, gehören viele Dekapodenlarven, Podocerus falcatus, Littorina obtusata, Daphnia und die Raupe von Aretia caja. Nicht selten entscheiden sich diese Tiere als mehr in der Hälfte der Fälle für das eine der beiden Lichter, offenbar infolge mnemischer Einwirkungen; ob bei Buccinum und Littorina, die stets häufiger nach rechts gingen, die Asymmetrie des Körperbaues verantwortlich zu machen ist, konnte nicht entschieden werden. Tiere mit seitlichem Gange, die also nur ein Auge der Lichtquelle zuwenden (Carcinus, Galathea), verhalten sich genau so wie die in der Symmetrieebene des Körpers sich voranbewegenden.

Die Reaktionsweise a ist völlig unvereinbar mit der Tropismenlehre, sie kann nur als echte Fixierbewegung aufgefaßt werden. Dasselbe gilt auch für die zweite Reaktionsweise, obwohl diese auf den ersten Blick gut mit der Tropismenlehre vereinbar zu sein scheint. Die Feststellung des Vorkommens eines Entscheidungspunktes zwingt zu der Annahme, im Auge seien zwei physiologisch verschiedene Bezirke zu unterscheiden: Befindet sich ein Tier im Entscheidungspunkte, kann also die zwei Lichter gleichzeitig nicht mehr zur Orientierung benutzen, so wird der innere vordere Augensektor beider Augen, der „Fixierraum“, nicht mehr von beiden Lichtern erhellt. Nur der äußere hintere Augensektor wird jetzt beleuchtet, dem offenbar andere Aufgaben zukommen, und erst die Wendung zu einem der beiden Lichter bringt den Fixierraum wieder in den Lichtkegel, diesmal aber nur eines Lichtes. Man könnte nun sagen, für den Fixierraum wenigstens gelte das Loeb'sche Gesetz von der Erregungssymmetrie, die Tropismenlehre erfahre also nur eine Einschränkung. Mit dieser Auffassung aber sind viele Einzelheiten unvereinbar, so das Verhalten des seitlich kriechenden, funktionell einäugigen Carcinus, ferner das Vorkommen von Suchbewegungen, die Tatsache, daß die Tiere, die beim

Ausüben der Reaktionsweise b dem Tropismengesetze gehorchen, recht oft auch die Weise a befolgen, die nur als Fixierbewegung zu verstehen ist u. a. m. So liegt es weit näher, auch den Modus b lediglich durch Fixierbewegungen zustande kommen zu lassen, so daß alle möglichen Verhaltensweisen unter einem einheitlichen Gesichtspunkte begriffen werden.

Die bilderscheidenden Tiere scheitern sich in binokular einfacheschende und nur panoramisch binokular schende, beide werden der Reaktionsweise a folgen. Bei ihnen kann der zweite Reaktionsmodus (b) nur dann verwirklicht werden, wenn beide Lichter relativ zur Entfernung des Tieres so nahe beieinanderstehen, daß sie zusammen als ein Fixierpunkt gelten können. Die nicht bilderscheidenden, sondern nur Helligkeitsunterschiede wahrnehmenden Tiere, denen eine Stelle des deutlichsten Sehens und damit die Fähigkeit, einen Punkt zu fixieren, abgeht, können bei einäugigem Sehen keine scharfe phototaktische Einstellung zeigen, wohl aber wenn das Licht beide Augen innerhalb des Fixierraumes trifft. Hier wird es keinen Unterschied machen, ob ein in der Symmetrieebene des Körpers einfallender Lichtstrahl oder ob zwei links und rechts von ihr angebrachte Lichter (von Fixierraum beider Augen erhalten. Ob dabei beide Augen getrennte Lichteindrücke oder einen einheitlichen vermitteln, wird unentschieden bleiben müssen. Ma aber anzunehmen ist, daß die binokular bildschenden Tiere von den hier in Rede stehenden nicht bildschenden Formen abstammen, so liegt die Vermutung näher, diese würden von beiden Augen getrennte Helligkeitsempfindungen erhalten, abgeduldetes Doppeltsehen. Ein solches Tier bewegt sich im Zweifelsversuch in der Mittellinie, weil dann die beiden Fixierraumbhälften der Augen gleich hellen Eindruck vermitteln; am Entscheidungspunkte ist der Fixierraum nicht mehr erhellt, das Tier sucht nun so lange nach Vorwärts, bis eines der Lichter von neuem den Fixierraum erhellt, und schaltet die Richtung um, bei der wieder die beiden Fixierraumbhälften gleich hell erscheinen, d. h. geradlinig nach einem Punkte hin.

O. Richter.

Botanische Mitteilungen.

Über die Bedeutung von Lichtintensität und Wellenlänge für die Assimilation farbiger Algen. Um die bekannte Erfahrungstatsache zu erklären, daß in tieferen Meeresschichten die grünen Algen häufig durch rote ersetzt werden, stellte Engelmann seine vielumstrittene Hypothese von der „komplementären Adaptation“ auf. Danach nehmen die Algen gerade den Farbton an, der zu dem hauptsächlich zur Verfügung stehenden Licht komplementär ist. Das Oberflächengestalt ist reich an roten Strahlen und so treffen wir hier in den Zellen als vorherrschenden Farbstoff Chlorophyll, in größerer Wassertiefe überwiegt weit aus der grünen Teil des Spektrums und die Algen produzierten Phycoerythrin. Nun entspricht ja die Farbe der Algen dem Teil des Spektrums, der durchgelassen wird, während der übrige absorbiert wird; man kann also auch sagen: die Algen entwickeln Farbstoffe, die in erster Linie das im Spektrum vorherrschende Licht absorbieren und — das ist das Schlußglied der Gedankenkette — zur Assimilation verwenden: $E_{\text{abs.}} = E_{\text{ass.}}$ ¹⁾. Engelmann und sein Schüler Gaidakow haben diese Theorie in doppelter Weise zu

prüfen gesucht: erstens durch den Nachweis, daß tatsächlich die verschiedenen Algen gerade in dem Teil des Spektrums am stärksten assimilieren, der ihrer eigenen Farbe komplementär ist, und zweitens durch den Nachweis, daß Blaualgen, die in verschiedenfarbigen Licht gezogen werden, die zu dem jeweils herrschenden Lichte komplementäre Farbe annehmen. Beide Tatsachen sind sehr stark angefochten worden. Gegen die Umfärbungsversuche wurde geltend gemacht, daß hierbei in erster Linie die Lichtintensität und chemische Einflüsse maßgebend gewesen wären. Daß dadurch aber die Ergebnisse von Gaidakow nur modifiziert werden und der Kern als richtig bestehen bleibt, hat jüngst Borisch (s. Ref. in früherer Nummer) nachgewiesen. Dagegen blieb der Widerspruch gegen die Engelmann'schen Assimilationsversuche noch bestehen. Es war vor allem Richter, der dafür eintrat, daß die Stärke der Assimilation nicht von der Qualität, sondern von der Intensität des Lichts abhängt, daß also die Vorstellung, die Assimilation änge der Absorption parallel, falsch ist. An diesem Punkte setzt eine Arbeit von Harder ein (Zeitschr. f. Bot. 15, 1923), aus der zu ersehen ist, daß die Wahrheit in der Mitte liegt. Er kultivierte die Cyanophyceen Phor-

¹⁾ Die absorbierte Energie entspricht der zur Assimilation verwendeten Energie.

medium foveolarum, die den charakteristischen Farbewandel zeigt, in verschiedenen Lichtintensitäten und Lichtqualitäten und bestimmte die Assimilationsleistung. Es ergab sich, daß Sonnenpflanzen in starkem Licht besser als Schattenpflanzen, Schattenpflanzen in schwachem Licht besser als Sonnenpflanzen assimilierten; das gilt unabhängig von der Farbe des Versuchslichts. „Es assimilierten z. B. spangrüne Schattenalgen (die also in rotem Licht aufgewachsen waren) in schwachem grünblauen Licht relativ besser als in starkem roten Licht; und purpurrote Sonnenalgen (also in grünblauem Licht aufgewachsen) in starkem roten Licht besser als in schwachem grünblauen.“ Es ist also offenbar eine Anpassung an die Lichtintensität eingetreten; daß aber auch eine solche an die Lichtqualität vorliegt, das kann man ohne weiteres dartun, wenn man die Intensitätsdifferenzen ausschaltet, indem man entweder zur Aufzucht oder aber zu den nachfolgenden Assimilationsversuchen *energiegleiches*, also bloß hinsichtlich der Wellenlänge verschiedenes Licht verwendet. Da zeigt sich dann ausnahmslos, daß die Assimilationsleistung in dem jeweiligen Komplementärlicht am größten ist, daß also wirklich den Chromophyllen die von Engelmann vermutete Bedeutung zukommt und infolgedessen eine nützliche Anpassungserscheinung vorliegt. Bei der Verwandtschaft der Chromophylle ist anzunehmen, daß diese zunächst bloß für die Cyanophyceen ermittelten Beziehungen auch für die anderen Algen Gültigkeit haben werden.

Über den Einfluß des Welkens auf die Regulierung der Spaltöffnungen. Das Spiel der Spaltöffnungen der Pflanzen äußert sich unter normalen Verhältnissen darin, daß sie sich bei hoher Wasserbilanz und Sonnenschein öffnen, bei Wassermangel und Dunkelheit dagegen schließen. In diesen Prozeß greift die Pflanze dadurch aktiv ein, daß sie im einen Fall Stärke in osmotisch wirksamen Zucker umwandelt, im anderen den Zucker wieder synthetisch in Stärke umsetzt. Die Steigerung des osmotischen Wertes zieht nun dadurch, daß dem Nachbargewebe Wasser entzogen wird, eine Erhöhung der Turgeszenz der Spaltöffnungszellen nach sich, und die Bedeutung des ganzen Vorgangs beruht darauf, daß auf Grund des mechanischen Baus der Wände der Schließzellen die wachsende Turgeszenz eine Erweiterung des Spalts, sinkende Turgeszenz eine Verengung nach sich zieht und dadurch der Gasaustausch geregelt wird. Bei sehr starkem Welken nun können mehr oder minder weitgehende Störungen Platz greifen, die Spalten bleiben bei Wiederherstellung günstiger Transpirationsbedingungen geschlossen und sterben z. T. ab. Mit diesen Dingen beschäftigt sich eine Arbeit von *Iljin* (Jahrb. f. wiss. Bot. 61, 1922.). *Iljin* fand, daß bei abnorm gesteigertem Wasserverlust zunächst — wie es der Norm entspricht — Zucker in Stärke umgesetzt wird, daß aber mehr und mehr wieder Stärkeabbau platzgreift, bis die letzten Spuren verschwunden sind. *Iljin* erklärt dies in folgender Weise: das Gleichgewicht im System Zucker : Stärke wird geregelt durch zwei Fermente, ein hydrolysierendes und ein synthetisierendes; durch starkes Welken wird — wahrscheinlich durch die zu hohe Konzentrierung des Zellsaftes — das synthetisierende Ferment mehr und mehr zerstört, die hydrolysierenden Prozesse erlangen das Übergewicht und die Stärke verschwindet. Aber der Abbau greift noch über das Zuckerstadium hinaus, der Zucker zerfällt weiter und wird z. T. in osmotisch nicht mehr wirksame Stoffe ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) veratmet.

Auf diese Weise sinkt der osmotische Wert der Schließzellen schrittweise herab, das Übergewicht gegenüber den benachbarten Epidermiszellen verschwindet, und somit wird verständlich, daß schließlich dauernder Spaltenschluß eintritt.

Die Leitung des geotropischen Reizes bei Wurzeln ist der Gegenstand einer Untersuchung von *R. Snow* (Ann. of Bot. 37, 1923), die sich auf *Vicia Faba* (Saubohne) erstreckt. Nach der zum erstenmal von *Boysen-Jensen* für Haferkeimlinge angewendeten Methode schnitt *Snow* die Wurzelspitze ab und klebte sie dann in normaler Orientierung wieder mit Gelatine fest. Hierauf wurden die Wurzeln in die horizontale geotropische Reizlage versetzt; dasselbe geschah in einer Kontrollserie mit dekapitierten Wurzeln ohne aufgesetzte Spitze. Im Kontrollversuch traten nur eben angedeutete geotropische Reaktionen ein, entsprechend der schon von *Darwin* festgestellten Tatsache, daß die geotropische Sensibilität im wesentlichen auf die Wurzelspitze beschränkt ist. Die Versuchspflanzen mit wieder aufgesetzter Spitze dagegen zeigten sehr ausgeprägte Abwärtskrümmungen. Das deutet, was übrigens schon durch Versuche von *Boysen-Jensen* mit Haferkeimlingen nahegelegt wurde, darauf hin, daß auch der geotropische Reiz wie der phototropische (*Boysen-Jensen, Paal, Stark*) und der traumatotropische (*Stark*) auf dem Wege der Diffusion bestimmter Stoffe durch die trennende Gelatineschicht hindurchgeleitet werden kann. Eine normale geotropische Reaktion erfolgte auch dann, wenn der Leitungsweg durch einen bis zur Mitte reichenden Einschnitt, in den zur Sietierung der Diffusion ein Glimmerstückchen eingelegt wurde, halbseitig auf irgendeiner Flanke unterbrochen war. Dagegen blieb im Gegensatz zu *Pollock* und *Fitting* eine Reaktion im Stumpf aus, wenn infolge nahe beieinander liegender doppelseitiger Einschnitte ein geradliniger Diffusionsweg unterbrochen war. *Snow* gelangt auf Grund seiner Versuche zu der Auffassung, daß die Leitung an Diffusionsprozesse geknüpft ist, woraus natürlich nicht gefolgert werden kann, daß dabei nicht auch die lebenden Zellen irgendwie aktiv in den gesamten Prozeß eingreifen.

Zur Reizphysiologie der Fucuspermatozoiden. Einen kurzen Überblick über die verschiedenen Reizempfindlichkeiten der Spermatozoiden des Blasentangs (*Fucus*) gibt *W. Kotte* (Ber. d. deut. bot. Ges. 41, 1923). Nach seinen eigenen Erfahrungen und denen anderer Forscher weisen diese Spermatozoiden eine chemotaktische, phototaktische, aërotaktische, thigmotaktische und wahrscheinlich auch eine geotaktische Sensibilität auf. Chemotaktische Ansammlung kann sehr leicht durch Seewasser, das mit Fucoseiern in Berührung stand, hervorgerufen werden. Dem Licht und dem Sauerstoff gegenüber verhalten sich die Spermatozoiden negativ, Berührungsreizen gegenüber aber positiv taktisch; so ist es die positive Thigmotaxis, welche sie veranlaßt, sich auf der Oberfläche der Fucoseier festzusetzen. Auf positiver Geotaxis beruht es wohl, wenn sie sich stets nach der Basis der Kulturflüssigkeit begeben. Die biologische Bedeutung all dieser Reizbarkeiten ist leicht zu durchschauen. Für Chemotaxis und Thigmotaxis liegt sie ja ohne weiteres auf der Hand. Negative Phototaxis, negative Aërotaxis und positive Geotaxis wirken nun gleichsinnig dahin, daß die Spermatozoiden sich nach dem Grund begeben, wo sich die infolge ihrer Schwere niedersinkenden Oogonien befinden, in deren chemotaktischen Wirkungsbereich sie damit gelangen. *Stark*.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 41. (Seite 833—848.)

12. Oktober 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

- Die experimentelle Vererbungslehre. Von *J. Herz, Wien*. S. 833.
Psychologische Mitteilungen. S. 842—845.
Gewohnheit. Vorstellungsveränderung. Hintereinander auf derselben Sehrichtung. Pseudofovea. Scheinbewegungen.
Spektroskopische Mitteilungen. S. 845—848.
Erforschung der ultraroten Absorptionsbanden der Halogenwasserstoffe. (Mit 1 Abbildung.) Analyse der Feinstruktur der Spektrallinien. (Mit 1 Abbildung.) Verbreiterung von Spektrallinien.
Astronomische Mitteilungen. S. 848.
Entfernung und absolute Helligkeit der δ Cephei-Sterne.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Demnächst erscheint der zweite Band von

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Umfang etwa 16 Bogen mit 38 Abbildungen, Lexikonformat

Inhaltsübersicht:

- Die Bewegungen der Fixsterne. Von Dr. J. Hopmann, Bonn.
Entwicklung und Stand der Parallaxenforschung. Von Dr. G. Schnauder, Potsdam.
Das Milchstraßensystem. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. A. Kopff, Heidelberg.
Die Polhöschwankungen. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. B. Wanach, Potsdam.
Erzeugung und Messung tiefer Temperaturen. (Mit 2 Abbildungen.) Von Professor Dr. F. Henning, Berlin-Lichterfelde.
Neuere Erfahrungen über quantenhaften Energieaustausch bei Zusammenstößen von Atomen und Molekülen. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. J. Franck, Göttingen.
Magnetismus und Atombau. (Mit 3 Abbildungen.) Von Professor Dr. Walter Gerlach, Frankfurt a. M.
Fortschritte beim Zeemaneffekt. (Mit 2 Abbildungen.) Von Professor Dr. Alfred Landé, Tübingen.
Über das Element 72 (Hafnium). (Mit 3 Abbildungen.) Von Professor Dr. Fritz Paneth, Berlin.
Kaltreckung und Verfestigung. (Mit 25 Abbildungen.) Von Dr. G. Masing und Dr. M. Polanyi, Berlin.

Die „Bezieher der Naturwissenschaften“ erhalten diesen Band ebenfalls zu einem Vorzugspreis, wie den 1. Band;

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezug GZ. $2,5 \times$ Schlüsselzahl, Einzelnummer GZ. $0,8 \times$ Schlüsselzahl, zuzüglich Porto. Abonnements werden nur unter der Bedingung angenommen, daß sich der Besteller verpflichtet, etwaige während der Bezugszeit notwendig werdende Nachzahlungen auf das Bezugsgeld zu leisten.

Für das Ausland Bezug nur durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag.

Preis vierteljährlich Dollar 1,80.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: Ganzseiten-Grundzahl (GZ.): 140.

Kleine Anzeigen: Grundzahl (GZ.) 0,35 für die einspaltige Millimeter-Zeile.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Buchhändler-Schlüsselzahl am 2. Okt. 1923: 50 000 000.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53, Telegrammadr.: Springerbuch, Reichsbank-Giro-Konto, — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten

für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Abderhaldensche Reaktion. Ein Beitrag zur Kenntnis von Substraten mit zellspezifischem Bau und der auf diese eingestellten Fermente und zur Methodik des Nachweises von auf Proteine und ihre Abkömmlinge zusammengesetzter Natur eingestellten Fermenten. Von Professor Dr. med. et phil. h. c. **Emil Abderhalden**, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. (Fünfte Auflage der „Abwehrfermente“) Mit 80 Textabbildungen und 1 Tafel. (XII, 356 S.) 1922. 13,10 Goldmark / 3,15 Dollar

Physiologisches Praktikum. Chemische, physikalisch-chemische, physikalische und physiologische Methoden. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden**, Geheimer Medizinalrat, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. Dritte, neubearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 310 Textabbildungen. (XII, 350 S.) 1922. 12,60 Goldmark / 3 Dollar

Die Variabilität niederer Organismen. Eine deszendenztheoretische Studie. Von Dr. **Hans Pringsheim**. (VIII, 216 S.) 1910. 7 Goldmark / 1,70 Dollar

Neue Bahnen in der Lehre vom Verhalten der niederen Organismen. Von Dr. **Friedrich Alverdes**, Privatdozent für Zoologie an der Universität Halle. Mit 12 Abb. (IV, 64 S.) 1922. 2,35 Goldmark / 0,55 Dollar

Die Reizbewegungen der Pflanzen. Von Dr. **Ernst G. Pringsheim**, Privatdozent an der Universität Halle. Mit 96 Abbildungen. (VIII, 326 S.) 1912. 12 Goldmark / 2,85 Dollar

Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsgeschichte. Eine Untersuchung zur vergleichenden Wissenschaftslehre. Von Dr. **Kurt Lewin**, Privatdozent der Philosophie an der Universität Berlin. Mit 45 zum Teil farbigen Textabbildungen. (XIV, 240 S.) 1922. 8 Goldmark / 2 Dollar

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Dollarbriefkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist oder in Dollar, engl. Pfund, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Die experimentelle Vererbungslehre. Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung.

Von J. Herz, Wien.

Die Erblchkeitslehre unserer Tage geht auf eine spezielle Ausbildung der Bastardforschung, den Mendelismus, zurück und ist mit der Zellforschung verknüpft.

Ein Jahrhundert vor Mendel begannen die wissenschaftlichen Kreuzungsversuche an Pflanzen und Tieren, und es wurden etwa die folgenden Tatsachen festgestellt:

1. Unmittelbare Abkömmlinge von verschiedenen Arten sind einander gleich oder doch nicht mehr voneinander verschieden, als Abkömmlinge derselben Spezies.
2. Abkömmlinge von verschiedenen Arten sind von größerer Mannigfaltigkeit.
3. Abkömmlinge mehr verwandter Arten sind gewöhnlich durch größere Üppigkeit und stärkere Fortpflanzungsfähigkeit ausgezeichnet; Abkömmlinge von entfernteren Arten sind kümmerliche, auch in der Bildung der Keimzellen.
4. Reziproke Kreuzungen ergeben gleiche Produkte.
5. Reziproke Kreuzungen ergeben verschiedene Produkte.
6. Die der ersten Hybridengeneration folgenden Generationen sind ungemein ungleichartig und formenreich.
7. Die der ersten Hybridengeneration folgenden Generationen verhalten sich gleichartig und verbleiben beständig.
8. Die der ersten Hybridengeneration folgenden Generationen zeigen nur wenige verschiedene Formen und einen oder mehrere konstante Mitteltypen.
9. In späteren Generationen bilden sich meistens einige feste Typen heraus.
10. Streng genommen besteht keine Gleichheit unter den Individuen, jedoch ist die mehr oder minder große Nuancierung der hervortretenden Eigenschaften sprachlich nicht feststellbar.

Diese Tatsachen, die eine jahrzehntelange Forschungsarbeit gewonnen hat, widersprechen einander zum Teil geradezu, und in diesem Widerspruch ist der Grund zu suchen, daß ein allgemein gültiges Gesetz weder über die Stellung der Varietäten und Rassen zur Art und der Arten zueinander, noch über die Erblchkeit bei den Hybriden gegeben werden konnte. Alle Gesetze, die formuliert worden sind, entsprachen nur einem Teil der Tatsachen, widersprachen dem andern.

Die Folgerungen, die auf Grund von Erfahrungen bei der einen Gruppe gezogen werden konnten, waren bei einer anderen nicht anwendbar.

So ist es verständlich, daß die Bastardforscher als alleinige Experimentatoren im Bereiche der Biologie die große Streitfrage zwischen Cuvier und Geoffroy-St. Hilaire nicht entscheiden konnten; die gleiche Stellung zur Frage der Festigkeit oder Flüssigkeit der Arten nahmen vorher schon Knight und Herbert, später dann Naudin und Godron ein.

Mendel, dem die Arbeiten seiner Vorgänger bekannt waren, empfand den Mangel, „ein allgemein gültiges Gesetz für die Bildung und Entwicklung der Hybriden“¹⁾ auf Grund der bisherigen Befunde nicht aufstellen zu können und glaubte eine Entscheidung erst erwarten zu dürfen, wenn „Detailversuche aus den verschiedensten Pflanzenfamilien vorliegen“²⁾.

Offenbar war Mendel der Meinung, daß die Bastardierungsversuche vor ihm nicht mit jener Sorgfalt und in jenem Ausmaße unternommen worden waren, die er selbst bei den eigenen Untersuchungen anwenden sollte.

Es waren überaus mühsame Untersuchungen, wie Mendel seinen zu Berühmtheit gelangten Detailversuch an Pisum durchgeführt hat. Die Ergebnisse leiteten Mendel zur Aufstellung seines Gesetzes der Eigenschaftsverteilung in den Bastardgenerationen, u. zw. zur Einförmigkeit in der ersten Filialgeneration und zu einer bestimmten Proportion in den folgenden Generationen.

Vergleicht man das Ergebnis der Mendelschen Kreuzungsversuche mit den Tatsachen, die die Bastardforschung bereits geliefert hatte, so entspricht die Mendelsche Feststellung einem Teile der bereits bekannten Ergebnisse und widerspricht einem anderen Teile. Mendel konnte bestätigen, daß F_1 einförmig und in der Größe begünstigt ist; daß die reziproken Kreuzungen gleich sind, daß die späteren Generationen zwei beständige Typen aufweisen, und daß schließlich die Individuen aller Generationen genau genommen voneinander differieren.

Neu war auch nicht der Versuch einer zahlenmäßigen Feststellung von Eigenschaften der Bastarde im Vergleich zu den Ausgangsformen. Phänologen hatten bereits Zählungen vorgenom-

¹⁾ Bateson, Mendels Vererbungstheorien. Leipzig 1914. Adnex Seite 317.

²⁾ Ebenda.

men, waren aber zur Aufdeckung einer Regelmäßigkeit in den numerischen Verhältnissen nicht gelangt. *Wichura* stellte Formeln auf, die die Verwandtschaftsnähe der Bastarde zu ihren Aszendenten klarlegen sollten. Und *Nägeli* kam auf Grund dieser Anregung gleichzeitig mit *Mendel* zu Formeln der Bastardierungsäquivalente, die in ihrer ziffernmäßigen Darstellung an bestimmte Formeln des Mendelismus erinnern.

Neu war an der Methode *Mendels* die Zählung der Pflanzen nach isoliert aufzufassenden Merkmalen, und neu war die Feststellung, daß diese Eigenschaften von F_2 ab in einer ganz bestimmten Proportion auftreten. Neu war auch die Hypothese *Mendels*, die das Gesetz der Eigenschaftsverteilung zu erklären hatte.

Mendel hob bei *Pisum* sieben Eigenschaften hervor, die sich leicht unterscheiden ließen, vernachlässigte aber jene, deren Unterschiede ineinander übergingen, die sich daher nicht leicht scheiden ließen. Es kamen also nur solche Merkmale zur Berücksichtigung, deren Variationsbreite gering ist, während alle anderen Eigenschaften mit größerer Variationsbreite unbeachtet blieben.

Da nun *Mendel* einige wenige Eigenschaften, die übrigens nicht ganz genau in ihren numerischen Verhältnissen übereinstimmen, untersucht hat, so ist es nicht ausgeschlossen, daß diese letzteren andere Verhältnisse aufweisen könnten als die behandelten. Es liegt daher das von *Mendel* nicht berührte Problem vor, weshalb sich nicht alle Eigenschaften gleich verhalten, und das weitere Problem, ob nicht dieser Unterschied der Variationsbreiten sich bei der Eigenschaftsverteilung in den nächsten Generationen irgendwie bemerkbar macht. *Mendel* berührte diese Fragen nicht, sondern beschränkte sich auf jene Merkmale, die nur im Extrem vorhanden sind und keine Mittelformen haben.

Die Ergebnisse der Mendelschen Kreuzungen wurden gelegentlich von Zeitgenossen als richtig angesehen und wurden nach der Wiederentdeckung bestätigt, es liegt aber auch eine Nachprüfung vor, die eine wesentliche Einschränkung des Gesetzes der Eigenschaftsverteilung bedeutet. *Zederbauer*³⁾ hat in einer wichtigen Abhandlung, die die zeitliche Verschiedenwertigkeit der Merkmale behandelt, und die die Klarstellung eines Moments, der Zeit, zur Erklärung der Dominanz gibt, bei einem Teile der von *Mendel* berücksichtigten Eigenschaften Mittelformen in den verschiedenen Generationen, selbst in F_1 beobachtet. Während *Mendel* z. B. die Samen nur als gelb oder grün bzw. glatt und runzelig beschreibt, findet *Zederbauer* außerdem auch Mittelstufen, wie grünlichgelb und gelbgrün bzw. schwachrunzelig.

Hier liegt ein Widerspruch vor, der einer Aufklärung bedarf. Treten wirklich Mittelstufen bei

einzelnen Eigenschaften auf, so hängt, wenn man sie nicht für sich betrachtet, viel davon ab, welcher Gruppe man sie zurechnet. Bei *Mendel* heißt es dagegen ausdrücklich, daß Übergangsformen nicht zur Beobachtung gelangt seien.

Es ist noch ein weiterer Widerspruch zu erwähnen. Die Generationen von F_2 ab oder nach *Mendels* Terminologie von der ersten Hybriden-generation ab sollen sich gleich verhalten. Es treten hier nach *Mendel* immer die dominanten und rezessiven Individuen im Durchschnittsverhältnis 3 : 1 auf. Nun erwähnt *Mendel*: „Jene Formen, welche in der ersten Generation den rezessiven Charakter erhalten, variieren in der zweiten Generation in bezug auf diesen Charakter nicht mehr, sie bleiben in ihren Nachkommen konstant“⁴⁾.

Mendel gibt hierzu die Zahlenresultate von F_3 : „Unter 565 Pflanzen, welche aus runden Samen der ersten Generation gezogen wurden, brachten 193 wieder nur runde Samen und blieben demnach in diesem Merkmal konstant; 372 aber gaben runde und kantige Samen zugleich, in dem Verhältnis 3 : 1“⁴⁾. Ferner heißt es: „Von 519 Pflanzen, welche aus Samen gezogen wurden, deren Albumen in der ersten Generation die gelbe Färbung hatte, gaben 166 ausschließlich gelbe . . .“⁴⁾.

Die Generation F_3 soll sich in gleicher Weise verhalten wie F_2 . Bei F_2 ist aber das Ergebnis ein anderes: zwar ist die Proportion 2 : 1 ebenfalls vorhanden, aber die Eigenschaften sind nicht in der gleichen Weise auf die Pflanzen verteilt. *Mendel* berichtet darüber: „Bei gut ausgebildeten Hülsen, welche durchschnittlich 6 bis 9 Samen enthalten, kam es öfter vor, daß sämtliche Samen rund oder sämtliche gelb waren; hingegen wurden mehr als fünf kantige oder fünf grüne in einer Hülse niemals beobachtet“⁵⁾.

Es geht daraus hervor, daß auch rezessive Pflanzen Samen mit dominanten Eigenschaften erzeugten, und daß auch bei den homozygotdominanten Pflanzen Hülsen Samen mit rezessivem Charakter trugen. Denn *Mendel* spricht nur von einem „öftern“ Vorkommen, welcher Ausdruck bei einem Vorkommen in einem Viertel der Fälle nicht entspricht. Und noch deutlicher geht dieses Verhalten aus dem Satze *Mendels* hervor: „Als Extreme in der Verteilung der beiden Samenmerkmale an einer Pflanze wurden beobachtet bei dem 1. Versuche 43 runde und nur 2 kantige, ferner 14 runde und 15 kantige Samen. Bei dem 2. Versuche 32 gelbe und nur 1 grüner Same, aber auch 20 gelbe und 19 grüne“⁵⁾.

Aus dieser Bemerkung tritt klar hervor, daß in F_2 in bezug auf die Eigenschaften der Samen überhaupt keine homozygoten Pflanzen vorhanden waren, denn in keinem einzigen Falle gab es Pflanzen mit Samen nur einer Art. Dies bedeutet, daß Pflanzen, die den Stammformen

³⁾ *Zederbauer*, Zeitliche Verschiedenwertigkeit der Merkmale bei *Pisum sativum*. Zs. f. Pflanzenzüchtung 1914, Bd. 2.

⁴⁾ *Mendel*, Seite 327.

⁵⁾ *Mendel*, Seite 325.

gleichen sollen, zumindest Samen mit dem Merkmal der anderen Art erzeugen. Über analoge Verhältnisse bei anderen Merkmalen verlautet nichts; der Widerspruch aber im Verhältnis der Samen von F_2 und F_3 ist augenscheinlich.

So bietet das Mendelsche Gesetz der Eigenschaftsverteilung Gelegenheit zu Einwüfen; sie lassen sich aber auch gegen die Hypothese Mendels erheben, die zur Erklärung der Eigenschaftsverteilung gebaut wurde. Diese Hypothese besteht aus drei Annahmen. Die erste besagt eine Zurückführung jeder Eigenschaft auf einen in der Keimsubstanz befindlichen Faktor, die zweite Annahme besagt die vollkommene Unabhängigkeit der Faktoren voneinander bei Bindung und Spaltung und die dritte die selbständige und gleichartige Wirksamkeit der Faktoren in den Keimzellen.

Mit diesen Annahmen allein konnte man aber die Eigenschaftsverteilung in den einzelnen Generationen nicht erklären, und Mendel mußte, um die erhaltenen Proportionen zu deuten, noch eine Tatsache zur Erklärung herbeiziehen: die Dominanz bestimmter Merkmale über andere. Über das Wesen der Dominanz spricht sich Mendel gar nicht aus. Gerade das Rätsel, das zu lösen war, weshalb in der Deszendenz die Eigenschaften verschiedene Wertigkeiten haben, blieb bis heute ungeklärt. Wäre es möglich, die Ursache der Dominanz aufzudecken, so wäre für die Vererbungslehre wahrscheinlich das Wichtigste gewonnen.

Es trat also in der Mendelschen Hypothese zu einer atomistisch-lokalisatorischen Anschauung, gegen deren Bau auf Grund der Pisumbefunde nichts einzuwenden ist, die Wirksamkeit einer unerklärlichen Tatsache.

Diese Hypothese lag nicht nahe, obgleich etwa zur gleichen Zeit Naudin ähnliche theoretische Ansichten über die Erbllichkeit bei Bastarden vorgebracht hat. Während sonst auf Grund der loi de balancement oder ähnlicher Anschauungen allgemein eine Korrelation bei der Bildung tierischer und pflanzlicher Organismen angenommen wurde, behauptete Mendel die vollkommene Unabhängigkeit der die Eigenschaften bewirkenden Faktoren.

Mendel gründete seine Hypothese auf das Ergebnis seiner langjährigen und mühevollen Untersuchungen, im Wesen aber auf eine einzige Beobachtung, die mit Beobachtungen anderer Forscher an anderen Objekten im Widerspruch stand. Diese einseitige Induktion im Verein mit dem Mangel einer Erklärung des Wesens der Dominanz und der Ablehnung der Korrelation war es wohl, weshalb Nägeli sich der Hypothese gegenüber ablehnend verhielt, und war die Ursache des Stillstehens, das Mendels Werke folgte. Auch die aufblühende Deszendenztheorie, besonders in der Form der Sektionslehre, mußte einer Anschauung ungünstig gegenüberstehen, deren Konsequenz eine Fortentwicklung organischer Formen leugnen mußte.

Vielleicht wirkte im gleichen ungünstigen Sinne der Ausgang der Phaseolusversuche, die in

einem wesentlichen Punkte mit dem Pisumversuch nicht übereinstimmten, und gar der Versuch an Hieracium, der mit Pisum überhaupt nicht übereinstimmte.

Die Krise, die um die Wende des Jahrhunderts in der Entwicklungslehre entstand, der Kampf, den die verschiedenen Formen dieser letzteren mit Erfolg gegeneinander führten, rief wieder jene Theorien hervor, die die Schwierigkeiten der Deszendenz und Transmutation besonders betonten. Und da war es die Mendelsche Arbeit, die durch ihre exakten Ergebnisse die Aufmerksamkeit auf sich lenkte. Da inzwischen auch die Zellforschung durch Untersuchungen an den Keimzellen Substrate entdeckt hatte, die als Träger der Vererbung gewertet wurden, so war eine Verbindung der Cytologie mit der Bastardforschung, wie sie Mendel inauguriert hatte, gegeben.

Die experimentelle Vererbungslehre steht seither im Zeichen dieser Verbindung. Es setzt eine außerordentlich lebhaftere Untersuchungstätigkeit ein, und sie dauert noch fort. Betrachtet man gegenwärtig den Zustand dieses Teiles der Biologie, so bietet er das gleiche Bild dar, wie die Bastardforschung vor Mendel, soweit die Verteilung der Eigenschaften in den aufeinander folgenden Generationen und die Gleichheiten und Verschiedenheiten in jeder einzelnen Generation in Betracht kommen, wobei zu bemerken ist, daß durch die besseren Kenntnisse der Fortpflanzungsverhältnisse (Parthenogenese, Apogamie usw.) einige Widersprüche der älteren Literatur aufgelöst worden sind. Der Unterschied zur früheren Bastardforschung besteht darin, daß mit Hilfe von Modifikationen die allgemeine Gültigkeit der Mendelschen Grundanschauung nachzuweisen gesucht wird.

Bald nach der Wiederentdeckung der Versuche über Pflanzenhybride zeigte es sich, daß der Pisumtypus zur allergrößten Seltenheit gehört, und daß, um ein widersprechendes Resultat deuten zu können, Änderungen und Zusätze gemacht werden mußten.

Vorerst wurde erwiesen, daß das Gesetz der Eigenschaftsverteilung selbst Ausnahmen besitzt. Neben dem Pisumtypus wurde der Zeotypus festgestellt, die beide als reguläre Typen aufgefaßt werden können; dazu kam dann der vielgestaltige Typus mit unvollkommener Dominanz, der eigentlich nichts weniger als einen Gegensatz zu den regulären bildet.

Um diese Mannigfaltigkeiten zu erklären, begann man mit Modifikationen an der Hypothese. Und diese Modifikationen sind derart weitgehend, daß man füglich zweifeln kann, ob die Hilfsannahmen mit den Grundannahmen überhaupt noch vereinbar seien. Es hat daher seine Richtigkeit, wenn man seither nicht mehr von Mendelismus schlechthin spricht.

Eine Fortbildung über Mendel hinaus besteht in einer näheren Bestimmung der Faktoren. Für Mendel waren diese substantieller Natur, seine

Zeit kannte nur anatomische und physiologische letzte Lebensseinheiten nur körperlicher Art. In der Folge verlieren diese Faktoren entweder zum Teil bei *Bateson* oder gänzlich bei *Johannsen* diese Substantialität. Ein prinzipieller Widerspruch liegt jedoch in diesen Änderungen nicht vor.

Viel schwerer wiegend sind aber jene Modifikationen, die den Faktoren, sei deren Natur wie immer beschaffen, zugewiesen werden. Schon *Mendel* selbst war durch die Ergebnisse bei *Phaseolus* veranlaßt, einem Faktor eine Wirksamkeit zum Hervorrufen von zwei Eigenschaften zuzuerkennen. Damit ist schon eine Grundannahme der Hypothese aufgehoben; die Repräsentation eines jeden Merkmals durch je einen Faktor.

In der Folge konnte man sich bei einer derartigen Modifikation nicht bescheiden; die zahlreich werdenden Änderungen verliefen nach zwei grundsätzlich verschiedenen Richtungen. Man läßt entweder die Grundannahme fallen, daß die Faktoren unabhängig sind, indem man annimmt, daß die Faktoren nicht zur gleichen Hälfte in die Keimzellen eingehen, oder man läßt die Grundannahme fallen, daß jedem Faktor nur ein Merkmal entspricht. Die letztere Modifikation besitzt wieder zwei Richtungen: Ein Faktor besitzt die Fähigkeit, mehrere Eigenschaften hervorzurufen, und nur mehrere Faktoren zusammen rufen eine Eigenschaft hervor. Die Zahl der Eigenschaften, die ein Faktor bewirkt, und die Zahl der Faktoren, die eine Eigenschaft bewirken, ist sehr verschieden. In einem Falle z. B. ist eine Anzahl von 20 Faktoren nötig, um eine Blütenfarbe zu erzeugen.

Hierbei tritt noch eine Komplikation ein, indem die Mehrwirksamkeit eines Faktors nicht etwa nur eine Gattung von Eigenschaften bedingt; ein Faktor ist imstande, zur gleichen Zeit quantitative oder morphologische oder physiologische Eigenschaften zu beeinflussen, wie auch umgekehrt eine Eigenschaft durch ungleichsinnige Faktoren bestimmt werden kann.

Im Laufe der Untersuchungen wurden verschiedene Faktorenarten festgestellt:

1. eigenschaftsetzende Faktoren, die Farbe, Form, Größe, Struktur u. ä. hervorrufen,
2. bedingende Faktoren, ohne deren Anwesenheit eine Eigenschaft nicht entstehen kann,
3. ändernde Faktoren, welche die Wirkung anderer Faktoren zu verändern imstande sind,
4. verteilende Faktoren, welche die Fähigkeit besitzen, die Verteilung von Farbe, von strukturellen Elementen usw. in verschiedene Organsysteme zu leiten,
5. verstärkende Faktoren, durch welche ein von anderen Faktoren hervorgerufenen Merkmal verstärkt wird,
6. hemmende Faktoren, welche das Auftreten einer Eigenschaft hemmen oder ganz und gar hindern,
7. Todesfaktoren, welche bei ihrem Vorhanden-

sein entweder den Keim oder die Frucht zum Absterben bringen,

8. Krankheitsfaktoren, welche den Organismus erst in einem späteren Zeitpunkte töten,
9. Vitalfaktoren, welche durch Mutation die Lebensgefährlichkeit für Keim und Organismus einbüßen,
10. Doppelfaktoren, die erst bei Mehrfachvorkommen wirksam werden,
11. Fehlfaktoren, die vor ihrer Wirksamkeit eliminiert werden,
12. Wechselfaktoren, die bei einfachem Vorkommen wesentlich anders wirken als in doppelter. Z. B. bewirkt ein Faktor Tüpfelung, der Faktor in doppelter Zahl wirkt letal.

Damit ist die Zahl der Faktorenarten durchaus nicht erschöpft. Es ist dies gleichzeitig eine Illustration, um wie viel komplizierter der Neomendelismus bei Zunahme der Untersuchungen wird.

In diesem Zusammenhang ist es nicht möglich, die theoretischen Annahmen und die praktischen Anwendungen des Neomendelismus in der gleichen ausführlichen Weise zu besprechen, wie die des Mendelismus. Nur flüchtig und nur in einzelnen Punkten soll auf Schwierigkeiten hingewiesen werden, die nicht genügend berücksichtigt erscheinen.

Schon die Art, in der die Faktoren aufgefunden werden, gibt Anlaß zu Einwendungen. Durch eine graphische Darstellung der von der Zahl der festgestellten Eigenschaften abhängig gedachten Zahl der Erbfaktoren wird unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der Dominanz ein theoretisches Verhältnis gewonnen. Die einfachen Formeln gehen auf *Mendel* zurück; kompliziertere Formeln gehören erst unserer Zeit an. Solche Formeln sind z. B. 13:3 bei Annahme von 1 Hemmungsfaktor und 1 Konditionalfaktor, oder 9:3:4 bei Annahme von 1 Konditionalfaktor und zwei von diesem abhängigen Faktoren. Solcher Formeln sind viele vorhanden.

Ergibt nun ein Bastardierungsversuch solchen bekannten Proportionen entsprechende Zahlen, so wird ohne weiteres die Konstruktion der Erbfaktoren vorgenommen, wobei man aber außer Betracht läßt, daß gleiche Wirkungen niemals auf gleiche Ursachen hinweisen müssen.

Eine vollkommene Übereinstimmung des Versuchsergebnisses mit einer theoretischen Formel ist nie gegeben; man begnügt sich schon mit einer sehr schwachen Ähnlichkeit. Selbst jene Fälle, in denen die theoretische Erwartung innerhalb der Fehlergrenze erreicht wird, gehört zu großen Seltenheiten. In den weitaus meisten Fällen ist die Übereinstimmung so wenig gut, daß oft die erhaltenen Resultate auf verschiedene theoretische Verhältnisse bezogen werden. Selbst in den Lehrbüchern, die Wert darauf legen, die besten Beispiele aufzunehmen, finden sich so abweichende Ergebnisse, daß sie als Stütze für eine Theorie kaum angeführt werden können.

Wie dehnbar solche Untersuchungen sind, möge ein Beispiel zeigen. Bei *Lathyrus odoratus* galt als theoretische Erwartung $9:3:3:1$, gefunden wurde $232:112:83$. Der Forscher erklärte dieses Verhältnis als annähernd $2:1:1$ und schloß daraus, daß statt 4 Gameten nur 2 gebildet werden. „Eine Prüfung ergab, daß dies tatsächlich der Fall war, und damit schien die Richtigkeit der Theorie bewiesen zu sein“⁶⁾. Der Forscher gab aber später eine andere Erklärung, und diese letztere gilt nun.

Die Genauigkeit der Beobachtung selbst ist zweifelhaft. Von einem der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete des Mendelismus, *Bateson*, wird berichtet: „Zuerst wurde diese eine rote Blüte mit rundem Pollen als zufällige Mutation angesehen und nicht weiter beachtet und die übrigen Zahlen wurden als $2:1:1$ gedeutet“⁶⁾. Erst als solche Beispiele sich mehrten, gelangte *Bateson* zu einer anderen Auffassung. In diesem speziellen Falle war theoretisch zu erwarten $258:123:123:2$, gefunden wurde $226:95:97:1$, „eine leidlich genügende Annäherung“⁶⁾, fügt der Referent hinzu. In einem anderen Falle wird das Resultat $145:130$ als je eine Hälfte bezeichnet.

Die Richtigkeit der Deutung des empirischen Zahlenmaterials und damit der Feststellung der wirkenden Faktoren wird durch Rückkreuzung zu beweisen gesucht. Wenn man aber bedenkt, wie wenig die theoretischen Zahlen mit den empirischen übereinstimmen und wie wenig sicher eine Deutung ist, so ist die Richtigkeit der Probe nicht sehr schwerwiegend. Experimente sind viel liebenswürdiger, als man gemeinhin denkt.

Der Weg aber, wie man zur Annahme von Faktoren auch gelangt, wird, wie folgt, beschrieben: „Das Vorhandensein entweder von Letalfaktoren oder von Faktorenkombinationen, die nicht zusammenpassen und eine Entwicklung verhindern, muß immer dann geargwöhnt werden, wenn die Resultate von Mendelspaltungen in unbegreiflicher Weise von den Erwartungen abweichen“⁷⁾.

Der Weg, den der Neomendelismus geht, ist nicht eine Theorienbildung auf Grund der aufgefundenen Tatsachen, sondern von der vorgefaßten Richtigkeit der Theorie werden Hilfsannahmen gemacht, um die empirischen Resultate zu deuten. Betrachtet man diese Hilfsannahmen, so sieht man auf den ersten Blick den Widerspruch zu den beiden ersten Grundannahmen *Mendels*. Die Weiterbildung widerspricht so stark, daß man die Bezeichnung der exakten Vererbungslehre als Mendelismus mit dem gleichen Recht gebraucht, wie man etwa das kopernikanische Weltsystem als neoptolemäisch bezeichnen wollte. Aber auch miteinander stehen die neuen Annahmen im Widerspruche.

Man kann den Glauben an eine Einheitlichkeit im Naturgeschehen aufgeben und der Meinung

sein, daß eine Gesetzmäßigkeit nur innerhalb einer mehr oder minder großen Gruppe von Erscheinungen vorhanden ist. Es ist aber nicht befriedigend, eine Gesetzmäßigkeit festzustellen, die etwa bei einer Kreuzung von *Oenothera Lamarckiana* mit *Oe. flavescens* in bezug auf die Vererbungsweise des Rothnervenfaktors und bei der Vererbung der Alkaptonurie beim Menschen vorhanden ist, während bei der Kreuzung der *Oe. Lamarckiana* mit anderen Varietäten eine ganz andere Gesetzmäßigkeit herrscht. Während bisher etwa 200 Kreuzungen der *Oenothera*-Gruppe beobachtet wurden, sind kaum sechs als mendelnd nachgewiesen worden, und dies nur unter der Berücksichtigung, daß es sich nicht um ein Mendeln im ursprünglichen Sinne handelt; in jedem Fall ist es ein anderer Typus, der beschrieben wird. Es ist daher nicht zu viel gesagt, daß ein Widerspruch bei den einzelnen Hilfsannahmen vorliegt, wenn fast für jeden zur Beobachtung gelangten Fall eine andere theoretische Erklärung für viele sogar eine mehrfache, gegeben wird. Es sind jeweils ad hoc Erklärungen. Wenn nun die Gesetzmäßigkeit derart eingeengt wird, daß sie nur für einen Spezialfall oder bestenfalls für einige wenige Fälle gilt, so kann man nicht umhin, die Richtigkeit einer Hypothese anzuzweifeln, die fortwährend modifiziert werden muß, je weiter die Tatsachenbeobachtung fortschreitet⁸⁾.

Von den Grundannahmen *Mendels* blieb am längsten diejenige unangetastet, die besagt, daß die Erbfaktoren nach ihrer Vereinigung in F_1 in der nächsten Gametengeneration wieder spalten. Aber schon *de Vries* hat Kreuzungen beobachtet können, die den strengen Beweis liefern, daß Spaltung nicht eintritt, und seither sind so viele derartige Beobachtungen gemacht worden, daß auch dieser Bestandteil der Mendelschen Lehre nur für einen beschränkten Kreis von Tatsachen angenommen werden kann. Alle Erscheinungen, die unter dem Namen Massenmutation, Zwillingsbastardbildung, Kernchimären, Gonoklinie usw. gehen, sind direkte Gegenbeweise. Und wie die Grundannahmen von der Unabhängigkeit und Reinheit durch Änderungen vielfacher Art erweitert werden mußten, um die Hypothese zu retten, so wurden auch zur Stützung der Spaltungsregel Hilfsannahmen gemacht, wie z. B. die Faktorenprohibition, -substitution, -elimination und dergl. m.

Wer unter einer Hypothese den Versuch versteht, eine Reihe von Tatsachen derart zu erklären, daß ein gesetzmäßiges Geschehen vorzuliegen scheint, kann auch vom Neomendelismus nicht befriedigt sein.

Es kann nicht bezweifelt werden, daß *Mendels* Werk durch die Resultate der Zellforschung gestützt zu werden scheint. Die experimentelle Vererbungslehre steht und fällt mit bestimmten Annahmen der Chromosomenlehre. Die Vorgänge

⁶⁾ Am besten unterrichtet über diese Verhältnisse *Lehmann*, Die Theorien der Önotheraforschung, Jena 1922.

⁶⁾ *Plate*, Vererbungslehre. Leipzig 1913. Seite 235.

⁷⁾ *Goldschmidt*, Der Mendelismus, Berlin 1920, S. 63.

bei der Reifeteilung und bei der Befruchtung sollen den Beweis für die Richtigkeit geben.

Vor allem gibt es eine Reihe von Forschern, die gegen die Annahme sind, daß die für die Vererbung fundamentalen Vorgänge im Kerne lokalisiert sind. Man findet im Lehrbuche von *Haecker* in unparteiischer Weise die Argumente gegen das Monopol des Kernes angeführt. Es ist daher, wenn das Protoplasma tatsächlich Einfluß bei der Übertragung von Eigenschaften besitzt, nur insofern eine Stütze für die gegenwärtige Vererbungslehre gefallen, als der Hinweis auf sinnenfällige Vorgänge nur mehr zu einem Teile gültig ist. Aber wenn auch der Kern ausschließlich Träger der Vererbung wäre, so ließen sich gegen die mendelistische Deutung der Chromosomenlehre Einwände erheben.

Sind die Faktoren in den Chromosomen enthalten, so müßte wohl angenommen werden, daß kompliziertere Organismen einen größeren Chromosomenstand besitzen, als relativ einfache. Es ist durchaus anthropomorph, zu glauben, daß das kompliziert ist, was uns kompliziert erscheint, oder auch umgekehrt. Da aber jedes Merkmal nach *Mendel* von einem Faktor bedingt ist, so ist der Schluß unerläßlich, daß das Vorhandensein von mehr Eigenschaften auch auf ein Mehr von Faktoren hinweist. Nun ist es eine sonderbare Tatsache, daß das Krebschen *Artemia* 168 Chromosomen besitzt, während der Mensch deren nur 24 besitzt, ebensoviel wie die Lilie. Man könnte nun einwenden, daß in den Chromosomen eine verschiedene große Zahl von Faktoren beherbergt sein könnte, und daß die Chromosomen bei den verschiedenen Arten der Größe nach variierten. Ein Beweis könnte aber für diese Behauptung nicht geliefert werden; und es ist eine Tatsache, daß bei gleicher Größe der Chromosomen der Mensch deren weniger zählt als der Affe.

Es ist eine Grundthese des Neomendelismus, daß der Chromosomenbestand für jede Art konstant ist. Nun wurden z. B. bei *Oenothera lutea*, die gewöhnlich 15 Chromosomen besitzen soll, von verschiedenen Forschern 16, 17, 22 bis 24, 23 bis 25, 26 bis 27, 26 bis 28 gezählt; bei *Oe. scintillans* beobachtete man eine Variation von 15 bis 21 Chromosomen, wobei zu beachten ist, daß diese Zählung an den Nuzellargewebszellen desselben Individuums vorgenommen wurde. Es gibt eine große Reihe solcher Beobachtungen. Die Meinung, daß es sich hierbei um einen Zerfall von Chromosomen handle, deren Zahl jedoch konstant sei, läßt sich angesichts der vielen Beobachtungen nicht halten, zumal, wenn man berücksichtigt, daß die Zählung von Chromosomen zu den schwierigsten Untersuchungen gehört. Klar ist es aber, daß bei einer variablen Zahl von Chromosomen eine Gesetzmäßigkeit bei den Reifungs- und Befruchtungsvorgängen im Sinne der Spaltungsregel nicht vorhanden sein kann.

Sind solche Variationen beim gleichen Individuum konstatiert, so ist die Variation bei verschiedenen Rassen und Varietäten und gar Arten

natürlicherweise noch bedeutender. Bei *Erigeron*-arten⁹⁾ wurden 18, 26, 27, 36, 52, 54 diploide Chromosomen festgestellt. Auch bei Tieren gibt es derartige Unterschiede, z. B. bei *Daphne*, von der 4 Arten je 9 Chromosomen haben, *Daphne odora* dagegen 14. Gerade an diesem Beispiele kann man die Willkürlichkeit sehen, die vor Tatsachen nicht viel Respekt besitzt. Die letztere Art wird einmal als triploide Art hybriden Ursprungs bezeichnet, da dreimal $9 = 27$ und zweimal $14 = 28$ ist; es wird 27 und 28 gleichgesetzt. Mit einer solchen Arithmetik ist alles beweisbar.

Die Zellforschung stellte zuerst die vollständige Gleichheit der Chromosomengarnituren der Zahl und Form nach in den Keimzellen der beiden Geschlechter innerhalb einer jeden guten Art fest. Bald aber wiesen verschiedene Forscher darauf hin, daß sehr häufig Ausnahmen zur Beobachtung gelangen. Die Nichtübereinstimmung in der Zahl führte zur Annahme des sogenannten Geschlechtschromosomes, das bald im Kern der männlichen, bald in dem der weiblichen Keimzelle auftritt. Das Geschlechtschromosom unterscheidet sich sodann auch in seiner Gestalt von dem übrigen Teile des chromatischen Bestandes, der formbeständig ist. Dieser Behauptung steht aber eine Reihe von Beobachtungen gegenüber, nach denen eine beträchtliche Variation in der Länge, der Dicke und in der Gestalt der einzelnen Chromosomen bei Individuen der gleichen Art oder Rasse zutage tritt. Auch dieser Sachverhalt spricht gegen die Annahme einer regulären Aufspaltung der Faktoren, seien diese selbständig oder gekoppelt.

Für die Anschauungen der experimentellen Vererbungslehre ist die äquatoriale Teilung der Chromosomen sehr wichtig, weil auf diese Weise die Bindung und Trennung der Faktorenpaare am besten verständlich gemacht werden kann. Bei *Oenothera*-arten, aber auch bei anderen Pflanzen ist aber sichergestellt, daß eine solche reguläre Anordnung bei den Teilungsvorgängen nicht erfolgt, sondern unregelmäßig ist, und daß auch die synaptischen Erscheinungen in verschiedener Weise ablaufen. Fügt man noch andere Abweichungen, die den als typisch bezeichneten Kernteilungen hinzugerechnet werden, noch bei: die verschiedene Lagerung der Chromosomen, die Unregelmäßigkeiten bei den Polwanderungen, so ist damit die Reihe der Schwierigkeiten noch nicht zu Ende, die der Mendelschen Hypothese in ihrer alten wie auch in ihrer neuen Form entgegenstehen.

Einen ausgedehnten Raum in der heutigen Vererbungslehre nimmt die Erklärung der Geschlechtsbestimmung nach der Mendelschen Lehre ein. Den Ausgangspunkt bildet die Tatsache, daß die beiden Geschlechter in ungefähr gleicher Menge erzeugt werden. Schon *Mendel* selbst berührte das Geschlechtsverhältnis bei *Lychnis* in einem Briefe an *Nägeli*, ohne aber weitere Be-

⁹⁾ *Winkler*, Parthenogenesis usw., Jena 1920, S. 153.

merkungen daran zu knüpfen. Die Grundannahme geht davon aus, daß bei der Rückkreuzung einer Stammform mit der rezessiven Form die Kreuzungsprodukte in bezug auf die Eigenschaften im Verhältnis 1:1 entstehen. Da die Sexualproportion annähernd das gleiche Verhältnis zeigt, so wird das eine Geschlecht als homozygot in bezug auf den Geschlechtscharakter angesehen, das andere als heterozygot. Eine Stütze für diese Anschauung liegt in dem Funde eines als Geschlechtschromosom gedeuteten überzähligen Chromosomes.

Die erste Zurückführung der Geschlechtsverteilung auf Mendels Hypothese durch Castle wurde aber bald modifiziert. Zuerst wurde im Ei ein Chromosom aufgefunden, das der männlichen Keimzelle fehlt; es wurde demnach das weibliche Geschlecht als homozygot aufgefaßt, das männliche als heterozygot. Bei anderen Untersuchungsobjekten wurde aber ein gegensätzliches Verhalten konstatiert, und demnach wurde das männliche Geschlecht als homozygot bestimmt. Schließlich wurde entdeckt, daß bei anderen Arten in der Zahl der Heterochromosomen kein Unterschied besteht, wohl aber in der Form, so daß man von X- und Y-Chromosomen zu sprechen begann. Es stellten sich dazu noch weitere Komplikationen ein, indem bis zu 11 X-Chromosomen im Kern gezählt wurden. Die Beobachtungen sind nicht eindeutig, da selbst bei demselben Objekte Variationen ermittelt wurden; so wird z. B. behauptet, daß in den Kernen des menschlichen Spermiums Heterochromosomen vorhanden sind und fehlen¹⁰⁾. Diese abweichenden Angaben der Zellforscher scheinen daher wenig Material zu einer Darstellung der Geschlechtsverteilung als mendelnder Spaltung zu liefern.

Die Annahmen vieler Forscher der experimentellen Vererbungslehre sind aber, selbst bei der Voraussetzung, daß die Ergebnisse der Zellforschung für sie sprechen, widerspruchsvoll¹¹⁾; es sprechen eben Tatsachen gegen sie. Man mag von statistischen Erhebungen sehr wenig halten, zumal wenn sie ad hoc zusammengestellte Zählungen an Tieren und Pflanzen berücksichtigen; man muß aber zugeben, daß die statistischen Erhebungen über das Geschlechtsverhältnis beim Menschen, die seit mehr als hundert Jahren vorgenommen werden, eine unbezweifelbare Tatsache darstellen. Es ist sicher, daß das G. V. beim Menschen, selbst wenn man einen Familienkreis von größerem Umfange betrachtet, 106:100 beträgt. Wenn auch aus dem Kreise des Neomendelismus darauf hingewiesen wird, daß durch selektive Momente Angehörige des einen Geschlechts mehrstürbiger sind als solche des anderen, so ist gerade beim Menschen erhoben worden, daß die größere Sterblichkeit das männliche Geschlecht betrifft. Bei Berücksichtigung der Totgeburten ändert sich das G. V. zu ungunsten des männ-

lichen Geschlechts; berücksichtigt man ferner auch die Fehl- und Frühgeburten — hier allerdings kann man von einer Genauigkeit der Statistik nicht sprechen —, so verschiebt sich die Proportion noch viel mehr im gleichen Sinne. Es unterliegt keinem Zweifel und es wurde auch schon ausgesprochen, daß die Zeugung des männlichen Geschlechts in viel größerem Maße erfolgt, so daß von einer vollständigen oder auch nur annähernden Gleichheit der beiden Geschlechter des Menschen gar keine Rede sein kann. Nichts ist sicherer als diese Tatsache, auch wenn ein exaktes Zahlenverhältnis nicht gegeben werden kann.

Dies ist ein objektiver Einwand gegen die mendelistische Deutung der Geschlechtsbestimmung. Viel unsicherer als beim Menschen sind die Zahlenangaben bei Tieren; aber auch bei diesen herrscht etwa mit Ausnahme beim Pferde ein ähnliches Übergewicht in der Zeugung des männlichen Geschlechts.

Was nun die vom Neomendelismus herangezogenen G. V.-Zahlen bei niederen Tieren und Pflanzen betrifft, so ist die Zahlenerhebung so unsicher, daß sie als Stütze nicht verwendet werden sollte, weder in positivem noch in negativem Sinne. Aber um nur ein Beispiel für die Unsicherheit vorzubringen, sei auf Winkler¹²⁾ hingewiesen. Ein befruchtetes Weibchen von *Lythrum tritior* ergab das eine Mal ein G. V. von 4:22, ein anderes Mal 34:65, was die Norm sein soll. Angesichts solcher Zahlen ist die Meinung Doncasters, daß bei Nichtübereinstimmung mit den Mendelzahlen ein unglücklicher Zufall die Ursache eines solchen Verhältnisses sei, abzulehnen. So viele unglückliche Zufälle kann es gar nicht geben. — Es soll aber ein Zahlenverhältnis angegeben werden, das mit der Theorie übereinstimmt und eine numerische Gleichheit, die verlangt wird, aufweisen soll: ein G. G. von 148:100; wo beginnen denn dann die Ungleichheiten?

Die züchtlich letzte Verwendung der Mendelschen Prinzipien findet sich in der Pathologie des Menschen. Wie andere Eigenschaften jeglicher Art wurden auch Krankheiten und Mißbildungen dominant, rezessiv, geschlechtsabhängiger Art festgestellt. Aber in diesem Gebiete ist die Verwendung Mendelscher Prinzipien, die Verwertung des Zahlenmaterials, die Erklärung der einzelnen Fälle, die Nichtberücksichtigung widersprechenden Materials noch viel unbefriedigender als in den anderen Teilen der Biologie.

Es ist vor allem auch die Möglichkeit der Vererbung einer Krankheit ein Problem. Wenn tatsächlich nach der neuen Anschauung eine Krankheit immer nur erblich übertragen werden kann, wie ist das Entstehen der Krankheiten, ihre Veränderlichkeit in bezug auf ihre Perniziösität und Ausbreitung oder auch ihr Verlöschen zu denken? Die letztere Frage wird verhältnismäßig einfach gelöst. Daraus folgt, daß pathogene Erbfaktoren aus der menschlichen Rasse nur verschwinden,

¹²⁾ Winkler, l. c. S. 97.

¹⁰⁾ Vgl. Plate, Vererbungslehre, Leipzig 1912, S. 273.

¹¹⁾ Vgl. Goldschmidt, Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung, Berlin 1920, S. 75.

wenn ihre Träger keine Kinder hinterlassen¹³⁾.“ Wie Krankheiten aber entstanden sind, ist durch Mutation bestimmter Faktoren zu Krankheitsfaktoren erklärbar. Wen aber eine solche Art einer Erklärung nicht befriedigt, muß annehmen, daß es so viele Stammlern geben muß, als Krankheiten vorhanden sind. Dies würde zur Annahme von mehreren hundert Menschenrassen führen oder zu einer noch weit größeren Anzahl, wenn die Medizin im weiteren Fortschreiten neue Krankheiten auffinden sollte. Aber auch diese Erklärung hat ihre Schwierigkeiten: wenn Krankheiten seit Jahrtausenden herrschen, so müßte ihre Gefährlichkeit geleast werden, da die Menschheit noch immer in Blüte steht.

Die Stammbäume, die zum Nachweis vorgeführt werden, enthalten fast nie passende Angaben; nicht selten ergeben zwei Stammbäume über eine Krankheit, daß diese dominant und rezessiv ist, z. B. Hypospadie. Wie werden die Zahlenverhältnisse gewertet? Da wurden z. B. bei Dermatitis 180 Kranke und 209 Gesunde gezählt, während 1:1 zu erwarten war. „Der Überschuß der Gesunden erklärt sich wohl so, daß die Krankheit zuweilen nicht ausbricht¹⁴⁾.“ Bei Dermatitis bulbosa verhalten sich in einem Stammbaum die Kranken zu den Gesunden wie 15:14. Aber in diesem Falle wird zugegeben, daß entgegen der Mendelschen Regel Gesunde kranke Nachkommen haben, und zwar, wie der Referent bemerkt, weil bei sehr leichten Fällen dieser harmlosen Krankheit sie überhaupt nicht auftreten. Soll eine solche Erklärung akzeptiert werden? Selbst die in den Lehrbüchern gesammelten Beispiele sprechen durchaus gegen die Annahmen der neueren Vererbungslehre.

Ein viel behandelter Fall ist die stationäre Nachtblindheit; der Stammbaum zeigt 135 Kranke zu 242 Gesunden. Der Referent bemerkt in diesem Falle, daß infolge somatischer Einflüsse die Krankheit bei vielen Personen nicht ausgebrochen sei. Es wäre ermüdend, über ähnliche Beweise für die Gesetzmäßigkeit der Vererbung von Krankheiten und Mißbildungen weiter zu berichten.

Was die geschlechtsabhängige Vererbung betrifft, so werden hier Stammbäume beigebracht, die in den Zahlenangaben nicht gut stimmen und deren Korrektheit überhaupt in Frage steht. Wenn z. B. Farbenblindheit als nur beim männlichen Geschlecht vorkommend angegeben wird, so ist dies bestimmt unrichtig. Zwar kommt diese Anomalie beim weiblichen Geschlecht viel seltener, etwa um neun Zehntel weniger oft vor, ist aber nachgewiesen worden. Zu geschlechtsbegrenzten erblichen Krankheiten werden auch solche gezählt, denen ausschließlich Kinder zum Opfer fallen. In diesem Falle ist es selbstverständlich, daß Frauen, die zur Zeugung gelangen, diese Krankheit nie gehabt haben können.

Nun ist gegen die Übertragung der Mendel-

schen Prinzipien auf die erblichen Vorgänge beim Menschen überhaupt auch ein prinzipieller Einwand vorhanden, der nicht überwunden werden kann, selbst wenn alle anderen Einwände sich als gegenstandslos erweisen sollten. Die Mendelsche Hypothese ist nur auf Grund von Beobachtungen an Organismen mit Kollektivbefruchtung gewonnen worden. Während die Vereinigung und Spaltung der Faktoren nur den Mechanismus darstellen, durch welchen Merkmale hervorgerufen oder unterdrückt werden, besteht die Gesetzmäßigkeit des phänotypischen Verhaltens darin, daß alle Keimzellen notwendig oder viele auf Grund der Wahrscheinlichkeit sich derart miteinander verbinden, daß die erzeugten Individuen bestimmte Gruppen bilden. Wenn jede Keimzelle die Möglichkeit besitzt, mit jeder anderen zusammenzutreffen, so werden, wie Mendel nachgewiesen hat, die von ihm festgestellten Proportionen entstehen.

Sehen wir nun davon ab, daß der Mendelistische Vererbungsmodus nur in ein paar Fällen gilt, nehmen wir an, er würde vollkommen und genau für das Pflanzenreich und die niedere Tierwelt Geltung besitzen, so wäre die Hypothese dennoch unmöglich auf den Menschen anzuwenden. Geben wir selbst die Richtigkeit der Spaltungsregel für den Menschen zu, so liegt hier dennoch ein fundamentaler Unterschied vor. Der Mechanismus der Bindung und Spaltung der Faktoren in den Keimzellen wäre derselbe wie bei der Kollektivbefruchtung. Was wäre aber beim Menschen jenes Gesetz, das die Vererbung nach den mendelschen Prinzipien leitet?

Bei der Kollektivbefruchtung ist es die notwendige Vereinigung aller oder vieler Keimzellen, die die Gruppierung der Individuen bestimmt. Beim Menschen oder auch beim höheren Wirbeltiere tritt aber Einzelbefruchtung auf; von den Mehrlingsgeburten kann man ruhig absehen, da hier kein prinzipieller Unterschied zur Einzelbefruchtung vorhanden ist. Was soll nun die zu Tausenden und Tausenden bereiten Keimzellen derart leiten, daß im Laufe von Jahren und Jahrzehnten die Keimzellen nur derart zusammenzutreten, daß die Deszendenten ein Zahlenresultat nach den Mendelschen Regeln ergeben?

Wenn auch je die Hälfte der Samen und Eier einen bestimmten Faktor enthalten, welches Gesetz führt, wie der Mendelismus es vorschreibt, die Keimzellen so zu einander, daß die eine Hälfte der Kinder eine Eigenschaft besitzt, die der anderen Hälfte fehlt? Oder daß eine Eigenschaft in einem anderen numerischen Verhältnisse bei der Filialgeneration erscheint?

Die Stammbaumforschung ist noch nicht so weit vorgeschritten, um ihr einen Beweis entnehmen zu können; aber eine allgemein bekannte Tatsache kann angeführt werden.

Hätte der Neomendelismus wirklich auch recht, daß das Geschlechtsverhältnis 100:100 beträgt, wie ist es zu erklären, daß in den einzelnen Familien alle möglichen Verhältnisse der Ge-

¹³⁾ Plate, I. c. S. 395.

¹⁴⁾ Plate, I. c. S. 354.

schlechter von 100 : 0 und 0 : 100 existieren? Wenn wirklich die Hälfte der Keimzellen — es ist gleichgültig, ob der männlichen oder der weiblichen — das Heterochromosom besitzt, wie kommt es, daß nicht die Hälfte der Deszendenten männlichen und die andere Hälfte weiblichen Geschlechts ist, sondern alle möglichen Proportionen aufzufinden sind? Also wenn selbst das Geschlecht durch die Anwesenheit eines Geschlechtschromosomes entschieden wird, welches Gesetz herrscht bei der wechselnden Geschlechtszahl in den Familien, welches Gesetz ruft die Sexualproportion einer größeren Volksgruppe hervor? Bei Organismen mit Kollektivbefruchtung läßt sich das G. V. bei den Nachkommen eines einzigen Paares verstehen, nicht aber bei Arten mit Einzelbefruchtung.

Nicht anders als bei der Geschlechtsentstehung dürfte es bei der Übertragung anderer, normaler und pathogener, Eigenschaften beim Menschen zugehen. Es dürften sich auch bei Übertragung von Krankheiten alle möglichen Zahlenverhältnisse vorfinden.

Wenn daher die Neomendelisten die Richtigkeit ihrer Lehre dadurch zu beweisen suchen, daß sie die Formen einer künftigen Generation voraussagen, so ist dies nur im Bereich der kollektiv befruchtenden Organismen denkbar, durchaus aber nicht beim Menschen. Man kann nur sagen, eine Eigenschaft könne hervortreten oder auch nicht: eine solche Antwort enthält aber nicht viel von Wissenschaft.

Wenn die moderne Erblchkeitsforschung mehr sein will als eine Tatsachensammlung, dann hat sie mit der Anwendung der Mendelschen Hypothese, die schon im Bereich der niederen Organismenwelt eine sehr beschränkte Geltung hat, auf die Vorgänge in der Biologie des Menschen nichts gewonnen. Die Überzeugung, daß immer und überall Faktoren sich verbinden, um wieder abzuspalten, gilt keinem Gesetze eines Geschehens, sondern nur einem Mechanismus des Geschehens. Die Frage, wie etwas geschieht, ist eine ganz andere als die, warum etwas geschieht. Und nur diese letztere ist die Frage eines wissenschaftlichen Erkennens.

Es gibt sogar einen Einwand prinzipieller Natur gegen das Hauptbollwerk des Neomendelismus, gegen die Lehre von der Spaltung der Faktoren in den Keimzellen der folgenden Generationen. Die Zellforschung hat bei einigen Objekten den Nachweis einer Keimbahn geführt, d. h. den Nachweis, daß vom befruchteten Ei bis zur Erzeugung des Keimmaterials des neu entstandenen Organismus eine direkte Zellfolge besteht. Angenommen, daß die Keimbahn eine Eigenschaft aller sexuell fortpflanzenden Organismen sei, so wird dies als eine Stütze für die Annahme angesehen, daß die Erbsubstanz unverändert in die nächste Generation übertragen wird. Hat daher der Erbsubstanz ein Faktor gefehlt, so fehlt er auch der Erbsubstanz der Deszendenten. Auf diese Weise wird die Kontinuität der Ver-

erbung von Eigenschaften und die Persistenz von Eigenschaften durch Generationen hindurch erklärt. Nun ist dem entgegenzuhalten: wenn auch eine solche Übertragung stattfindet, so ist ein Punkt nicht zu übersehen.

Ein befruchtetes Ei enthält ein bestimmtes Quantum an Erbsubstanz. Nun erfolgt die Entwicklung, und es entstehen je nach dem Geschlecht des werdenden Organismus Samen oder Eier in einer Zahl, die je nach der Art sehr verschieden sein kann. Nach einer Angabe¹⁵⁾ wurden in den beiden Ovarien eines 17-jährigen Mädchens etwa 35 000 Follikel geschätzt, wobei zu bemerken ist, daß von der Geburt an die Zahl der Eier sich fortwährend vermindert. Ohne weiter auf die weit höheren Zahlen bei anderen Organismen Rücksicht zu nehmen, folgt schon aus dieser Beobachtung, daß eine befruchtete Eizelle ein vielzehntausendfaches des eigenen Kerngehaltes erzeugt. Es wird also die Erbsubstanz außerordentlich vervielfacht, denn jede neue Keimzelle besitzt die Fähigkeit, nach der Befruchtung einen Organismus der gleichen Art zu erzeugen. Wenn daher eine befruchtete Eizelle z. B. 100 Faktoren besitzt — für den Menschen keine übermäßige Annahme —, so entstehen 35 000 neue Faktorenbestände. Es gelangt daher in der neuen Generation in jede Keimzelle der 35 000 Teil des Faktorenbestandes, und da die Faktoren als solche nicht fehlen können, so muß angenommen werden, daß sie einer überaus großen Teilbarkeit fähig sind. Eine weitere Konsequenz wäre dann, daß ein Faktor und sein 35 000. Teil das gleiche Merkmal hervorzurufen imstande sind. Wenn man noch berücksichtigt, daß die männlichen Keime in einer bedeutend höheren Zahl erzeugt werden, so wäre die anzunehmende Faktorenteilung noch viel weitergehend. Soll doch der Mann während der Zeugungsfähigkeit ungefähr 340 Billionen Spermien produzieren können. Daß in Wirklichkeit nur wenige Keime zur Entwicklung gelangen, ist kein Gegenstand, denn jeder oder fast jeder Keim besitzt die Entwicklungspotenz.

Wollte man nun gar die Kontinuität der Erbsubstanz auf weitere Generationen ausdehnen, so käme man zu unvollziehbaren Zahlen. Diese Überlegungen zwingen daher zum Schlusse, daß es eine Kontinuität in der Erbsubstanz nicht geben könne, daß eine Spaltung derselben Faktoren, die sich vorher vereint haben, unmöglich statfinde. Die Faktoren einer Generation und die der nächsten Generation sind wesentlich voneinander verschieden: sie sind überhaupt nicht vergleichbar, und alle Folgerungen, die der Spaltungsregel angeschlossen werden, sind daher ohne jede Bedeutung.

Nach diesen Ausführungen, die übrigens noch nicht alle Argumente gegen die gegenwärtige Erblchkeitslehre vorgebracht haben, bleibt zum Schlusse nur mehr übrig, die Motive aufzudecken;

¹⁵⁾ Bonnet, Entwicklungsgeschichte, Berlin 1918, 3. Aufl., S. 37.

die zur Festhaltung einer weder den Tatsachen entsprechenden, noch auch logisch befriedigenden Hypothese führen.

Die Hypothese, die *Mendel* schuf, gab eine elegante Lösung einer Frage, die mit genialer Intuition an die Natur gestellt worden war; die Lösung widersprach, wie früher ausgeführt wurde, den biologischen Anschauungen der damaligen Zeit. Mit dem Niedergang der Selektionslehre, d. h. mit dem Festhalten an der Deszendenztheorie als einem bloßen Postulate kausaler Befriedigung und mit der Unmöglichkeit, eine Evolution empirisch nachzuweisen, entstand die Ansicht von neuem, daß die Lehre von der Transmutation der Organismen aus dem Bereiche wissenschaftlichen Denkens auszuschneiden habe. Es mußte nun eine Lehre, die den experimentellen Nachweis einer Unüberführbarkeit von Organismengruppen auseinander führte oder zu führen schien, das besondere Interesse der Naturforschung für sich gewinnen. Man kann daher verstehen, daß man, statt zu untersuchen, weshalb die Mendelschen Regeln nur für einen kleinen Ausschnitt des Naturgeschehens Geltung haben, daran ging, diese Regeln unter Aufwand größten Fleißes und vielen Scharfsinnes durch Hilfsannahmen aller Art als universelles Geschehen hinzustellen.

Nun zeigt die wissenschaftliche Tätigkeit seit jeher den gleichen Aspekt: auf eine neue Entdeckung folgt eine steigende Beschäftigung mit dem Fragenkomplex, eine Bearbeitung der Probleme mit Vernachlässigung der widerstrebenden Tatsachen oder mit dem Hinweis, daß die Forschung späterer Zeiten den Widerspruch auflösen werde, eine Außerachtlassung anderer Richtungen, ein sehr starkes Anwachsen der entsprechenden Literatur, — kurz, man könnte vom Lawinencharakter der wissenschaftlichen Tätigkeit sprechen, womit natürlich auch das Ende verbunden ist. Genau das gleiche war bei der Se-

lektionslehre zu sehen, oder im Bereiche der Medizin bei der lokalisatorischen Pathologie. Man muß Moden auch in der Wissenschaft anerkennen; und auch der Mendelismus ist eine Mode.

Kann als erstes Motiv für das Aufblühen des Neomendelismus das Versagen der verschiedenen Richtungen der Deszendenzlehre als empirische Richtung angesehen werden, so ist ein weiteres Motiv in einer bestimmt gerichteten Entwicklung der Zellforschung zu suchen. Mit dem Eindringen in die feineren Vorgänge der Zellmechanik gelangte man zur Annahme kleinerer Lebenseinheiten, durch deren Zusammenwirkung die biologischen Vorgänge in den Zellen und den Zellverbänden verständlich gemacht werden sollten. Damit ist die Richtung zur Präformation gegeben; denn es werden, wenn auch nicht mehr ähnliche Formen, immerhin Repräsentanten für einzelne Gebilde und Zustände angenommen. Nun stellt der Mendelismus sogar ein Extrem der präformativen Forschungsrichtung dar und stimmt dadurch mit der Biologie der Gegenwart überein, die der epigenetischen Richtung recht abgeneigt ist.

Ein drittes Motiv etwa liegt in der Vorliebe unserer Zeit für das Mathematische, für das Zählen, Messen, Wiegen, für das recht Exakte. Der Neomendelismus ist nun so recht für alle diese Forschungsmethoden geeignet.

Man versteht nunmehr vielleicht die übertragende Stellung, die sich der Mendelismus zu erwerben gewußt hat; sie steht in keinem Verhältnisse zur Erkenntnisleistung. Trotzdem wird man ihm aber sein Verdienst nicht schmälern wollen; er hat wie jede andere wissenschaftliche Richtung eine jener Fragen, die vielleicht unerforschlich sind, von einer Seite behandelt; er hat das Mißgeschick, eine Lösung nicht gefunden zu haben und hat den Trost, daß andere Richtungen nicht glücklicher gewesen sind und — glücklicher sein werden.

Psychologische Mitteilungen.

I.

In der Psychologie der letzten Jahrzehnte ist wohl kaum ein Faktor so ausgiebig zur Theoriebildung herangezogen worden wie die *Gewohnheit*, die als Kern der „Erfahrung“ das Fundament der Assoziationsthese abgab. In ihr wird die Gewohnheit zu einem Motor seelischen Geschehens: Sind mehrere Inhalte oft zusammen erlebt worden, so werden bei Auftreten von einigen möglichst auch die übrigen nachgezogen. Die These wird trotz scharfer Gegnerschaft auch heute von einer Reihe von Psychologen aufrechterhalten und als grundlegend betrachtet; die experimentellen Stützen für sie und eine Reihe speziell aus ihr abgeleiteter Folgerungen bilden besonders eine Anzahl von Prüfungen des Lernens sogenannter sinnloser Silben.

K. Lewin hat die These neuerdings gerade auf diesem eigenen Arbeitsgebiet jener Experimentatoren selbst in verschärfter Untersuchung wieder geprüft und eine äußerst wichtige Klärung erreicht. (*Kurt Lewin*, Das Problem der Willensmessung und das Grundgesetz der Assoziation, Psychologische Forschung, Bd. I,

S. 191—302 und Bd. II, S. 65—140.) Er ging von einem klar umgrenzten Teilproblem aus, nämlich von der Messung der Hemmung, die eine entgegen einer bestehenden starken Assoziation durchgeführte Tätigkeit von dieser her erleiden soll. In sehr sorgfältigen und weitgehend variierten Versuchen zeigte er, daß eine solche Hemmung durchaus nicht da eintritt, wo sie nach dem Assoziationsgesetz eintreten müßte. Dagegen ließen sich solche Hemmungen in Experimenten erzielen, in denen sie nach dem Assoziationsgesetz nicht so hätten auftreten dürfen, in denen aber ihr Auftreten von andersartigen Faktoren gefordert wurde, auf die *Lewin* durch die Selbstbeobachtung der Versuchspersonen geführt wurde. Im Verfolg dieser Experimente konnten bestimmte assoziations-theoretische Thesen ausgeschlossen, bisher unbekannte Faktoren aufgezeigt und in ihrer Wirkung bestimmt werden. Hier soll nur davon die Rede sein, wie sich das Problem der Gewohnheit nach *Lewin* darstellt, wenn man die gewonnenen Ergebnisse in Betracht zieht.

Er ist der Meinung, daß jener alte Gewohnheits-

begriff, der ja nur eine exakte Formulierung des populären Begriffs ist, für das Verständnis von Tätigkeiten nicht herangezogen werden darf: eine Assoziation stellt keine *bewegende Kraft* für Tätigkeiten oder Wissenskomplexe dar. Als Motor muß eine auf einem Trieb oder einem willensmäßigen Akt beruhende Zentrierung vorhanden sein, damit etwa eine Reproduktionstendenz eintritt.

Bei *Trieb- oder Bedürfnisgewohnheiten* erkennt man eine ganze Reihe charakteristischer Merkmale: Die auslösenden „Reize“ sind selbst Mittel zur Befriedigung, sie werden unter Umständen extra aufgesucht; die Wahrnehmung des „Reizes“ reizt zur Befriedigung, aber nur wenn der Trieb oder das Bedürfnis wirklich vorliegt, andernfalls bleibt er gleichgültig oder erregt, bei Sättigung oder Übersättigung, eventl. Ekol. Soll eine solche Gewohnheit willentlich beseitigt werden, so ist alle Mühe, die bloße *Befriedigungshandlung* zu beseitigen, ein „Herumkarrieren an Symptomen“, es kommt auf die Beseitigung oder Umformung des Bedürfnisses oder Triebes selbst an, der oben die eigentlich bewegendende Kraft des Geschehens ist.

Umgekehrt ist es bei der Beseitigung von *Ausführungsgewohnheiten*, denen nicht ein Trieb, sondern auf Grund eines Willensaktes eine Tätigkeitsbereitschaft zugrunde liegt; hier handelt es sich nur um das Umlernen bestimmter Ausführungstätigkeiten, nicht ihrer Motivation. Ein Beispiel für eine *Ausführungsgewohnheit*, die Tätigkeitsbereitschaft und das Verhältnis zur Assoziationsthese der Gewohnheit ist folgendes: Gibt man einem Erwachsenen die Instruktion, eine Türklinke nicht wie gewöhnlich herunter, sondern heraufzudrücken, so wird er keinerlei Hemmung gegen diese ungewohnte Bewegung haben, auch wenn er gerade diese Tür sehr häufig mit der umgekehrten Bewegung öffnet. Ändert man dagegen das Schloß dieser Tür derart, daß man die Klinke heraufdrücken muß, um die Tür zu öffnen, so wird die Vp. recht häufig den Fehler machen, die Klinke herunterzudrücken, trotzdem sie den Sachverhalt kennt, wenn sie in das andere Zimmer gehen will. Dieses in das andere Zimmer gehen ist dabei als „Gesamtaktivität“ intendiert, und die Vp. benutzt einen ihr geläufigen Tätigkeitskomplex als Ausführungstätigkeit, in der die falsche Teiltätigkeit noch unkorrigiert enthalten sein kann, auch wenn der Vp. an und für sich die Art des Türöffnens in diesem speziellen Fall bereits bekannt ist. Wenn dieser alte Tätigkeitskomplex eine Wandlung durchmacht, kann die Fehlhandlung vermieden werden.

Nun sind „Fälle zur Genüge bekannt, wo eine Gewohnheitshandlung, die ursprünglich auf einem Trieb beruhte, zu Zeiten, wo dieser Trieb erloschen ist, als „leere Gewohnheitshandlung“ weiter ausgeführt werden kann, und man könnte glauben, daß hier also doch die Gewohnheit selbst als *bewegende Kraft* auftritt. In Wirklichkeit sind diese Fälle so zu erklären: Die ursprünglichen Bedürfnisbefriedigungen sind ebenso wie etwa regelmäßig auftretende Willenshandlungen in die allgemeine „Tageseinteilung“ resp. „Lebensgestaltung“ mit aufgenommen worden. Wie beim täglichen Aufwachen, Ins-Büro-Gehen usw. sind bestimmte Tätigkeitsbereitschaften entstanden, und diese können — jedenfalls für eine gewisse Zeitspanne — als Teil dieser „willensmäßig bedingten Tageseinteilung“ auch dann noch bestehen bleiben, wenn das Bedürfnis, das die ursprüngliche Veranlassung dafür war, erloschen ist.“

Lewin kommt von diesen Untersuchungen aus zu interessanten theoretischen Ansätzen zur Psychologie des Übens. Und er betont gegenüber den Faktoren,

die der Gewohnheit irgendwie nahestehen, noch ein anderes Moment: „Wenn man einen Roman gelesen hat, einem Gedankengang gefolgt ist, eine Gebirgstour gemacht hat oder ähnliches, so wird man mit Recht sagen können, man habe etwas „gelernt“, ohne daß damit gemeint wird, bestimmte Reproduktionsprozesse seien geübt worden. Einen wesentlichen Effekt eines solchen Erlebnisses bildet vielmehr etwas, was man als „*Änderung des subjektiven Weltbildes*“ bezeichnen kann. Ein solches Lernen braucht gar nicht notwendig in einem „Reicherwerden“ des Weltbildes zu bestehen; nicht minder wesentlich kann das Streichen eines bis dahin angenommenen Sachverhalts sein oder eine Umgruppierung.“ Die Leichtigkeit oder Schwierigkeit dieses Lernens gründet wesentlich in den Bedingungen des Gebietes, zu dem der „Stoff“ subjektiv sachlich gehört, und hier liegt der Grund, daß solches Lernen und Erinnern in Beziehung zur Intelligenz steht.

II.

Zu einer Prüfung von Faktoren, die in der Theorie des „Vorstellungsablaufes“ eine wichtige Rolle spielen, untersuchte Wulf die Veränderung der Erinnerungsbilder von optischen Figuren. (P. Wulf, Über die Veränderung von Vorstellungen. Nr. 6 der „Beiträge zur Psychologie der Gestalt“, herausg. von Koffka, Psychologische Forschung, Bd. I, S. 333—373.) Er fand, daß zwei charakteristische, einander entgegengesetzte Richtungen der *Vorstellungsveränderung* auftreten, die er als „Präzisierung“ und als „Nivellierung“ bezeichnet. Im ersten Fall werden im Erinnerungsbild an den Figuren Ecken verschärft, Beugungen vertieft, Asymmetrien vergrößert, Längen gedehnt usw., im zweiten Fall Schärfen gemildert, Schiefheiten, Asymmetrien ausgeglichen. „Die Gestalten tendieren also nach bestimmten ausgezeichneten Formen.“ In beiden Fällen werden die Formen übersichtlicher, klarer, prägnanter, „besser“. Wulf zeigt, daß bei diesen Veränderungen gerade die „großen Züge der Gestalt“, die „groben Strukturprinzipien“ erhalten bleiben, daß von einem Verwischen der Unterschiede zwischen verschiedenen Figuren oder einzelnen Figurteilen in der Erinnerung nicht die Rede sein kann. „Das, was im Gedächtnis zurückbleibt, das physiologische „Engramm“, ist demnach nicht als unveränderlicher Eindruck zu denken, der nur im Lauf der Zeit immer verschwommener würde, wie eine Ritzzeichnung auf einem Pflasterstein. Das Engramm erleidet vielmehr Veränderungen auf Grund von *Gestaltgesetzen*. An Stelle der ursprünglich wahrgenommenen Gestalten treten im Lauf der Zeit in gewisser Hinsicht veränderte, und diese Veränderungen betreffen die Gestalten als Ganze.“

III.

Die lange umstrittene Frage, ob es im Sehraum streng simultan ein *Hintereinander auf derselben Schrichtung* gibt, ob wir ein Objekt durch ein anderes hindurch so sehen können, daß das vordere als durchaus geschlossene Fläche erscheint und dabei die Farben der beiden Objekte ohne Mischung getrennt gesehen werden, ist durch experimentelle Studien von W. Fuchs eindeutig entschieden worden. Er hat gezeigt, daß dieser Fall eintreten kann, und daß die Bedingungen für sein Eintreten von bestimmt angeordneten Gestaltfaktoren abhängen. (Wilhelm Fuchs, Experimentelle Untersuchungen über das simultane Hintereinandersehen auf derselben Schrichtung. Ztschr. f. Psychol. Bd. 91, S. 145—235.)

Betrachtet man z. B. ein blaues Rechteck und bringt durch Zuspiegelung mit einer Spiegelglasplatte das Bild

eines gelben Rechtecks hinter das blaue, so ergeben sich folgende Fälle: Liegt die *kleinere* Fläche vor der *größeren*, so erscheint die kleinere undurchsichtig und verdeckt den entsprechenden Teil der dahinterliegenden größeren. Sind beide Flächen gleich groß und liegen sie so, daß sie sich in ihren Konturen genau decken, so erscheint nur *eine* Fläche, deren Farbe die Mischfarbe aus den beiden Farben der Flächen ist. Liegt die größere Fläche vor der kleineren, so ergibt sich Durchsichtigkeit der vorderen Fläche, wenn beide Flächen als *Ganzgestalten* gesehen werden, dabei wird dann Gelb hinter Blau gesehen; wird aber in dieser Konfiguration der sehr richtungsgleiche Teil der beiden Flächen isoliert herausgefaßt, so gibt es keine Durchsichtigkeit, und das isolierte Stück erscheint in der Mischfarbe. Bei Durchsichtigkeit der blauen Fläche erscheint die durchsichtige Partie und die angrenzende Zone lockerer, flächenfarbiger, bildet aber mit den anderen Teilen der Fläche, dem „Rahmen“, eine ununterbrochene Fläche.

Durchsichtigkeit ergibt sich aber auch bei Vornliegen der kleineren Fläche, nämlich dann, wenn die kleinere in ihrer Lage nicht allseitig von der größeren umschlossen ist, sondern nach einer Seite zu überragt. (Liegen dabei die Flächen recht schief zueinander, so ist damit die Erscheinung von zwei einzelnen getrennten Raumgestalten besonders klar.)

Für das Zustandekommen oder Nichtzustandekommen der Durchsichtigkeit sind die objektiven und die subjektiven Gestaltsfaktoren entscheidend; objektiv die Lage und Form der Flächen zueinander, subjektiv das Sehen von in sich geschlossenen Flächenganzheiten, Herausfassen von Teilflächen von besonderer Form oder Farbe. Durch Veränderung eines dieser Faktoren kann schon bestehende Durchsichtigkeit ohne weiteres aufgehoben werden; z. B. durch scharfes Herausfassen von Punkten oder Konturen, des „gemeinsamen“ Bereichs der beiden Flächen oder des überragenden Stückes der einen Fläche als *isolierte* Flächen ohne strukturelle Bindung mit dem Ganzen (ohne daß die objektiven Faktoren verändert zu werden brauchen). Wird eine kleine gelbe Fläche vor einer größeren blauen Fläche exponiert, so daß die kleinere Fläche nicht überragt, also die kleine gelbe Fläche undurchsichtig einen Teil des Blau verdeckt, und *invertiert man nun* (monokular), so tritt, wenn die größere blaue Fläche jetzt im invertierten Bild vor der kleineren gelben gesehen wird, Durchsichtigkeit ein. Durch Invertieren kann man auch Holz- oder Eisenstäbe durchsichtig sehen. Wird z. B. hinter einem senkrechten Stab ein horizontaler Stab exponiert (beide gut abgehoben vor einem weißen Schirm), und durch Invertieren der horizontale Stab vorn gesehen, so kann er als vollständig geschlossen, durchgehend erscheinen, und der Teil, der objektiv durch den anderen Stab verdeckt ist (bei der monokularen Beobachtung: sich gar nicht im Auge „abbildet“), ist durchsichtig. „Er erscheint durchsichtig wie Glas, das entweder farblos ist oder einen schwachen Anflug der Farbe der Ganzgestalt hat.“ Durchsichtigkeit tritt auch bei negativen Nachbildern auf, wenn die Gestaltbedingungen dafür mit genügender Klarheit verwirklicht sind.

Liegt die kleinere (gelbe) Fläche hinten und allseitig von der größeren (blauen) umschlossen, so daß die „Rahmenlage“ gegeben ist, so kann „Tonnenillusion“ auftreten. In diesem Fall werden die vier Seiten des Rahmens zu den nach unten gehenden Seitenwänden eines kasten- oder prismaähnlichen Gebildes, dessen Boden von der gelben Fläche und dessen

Deckel von einer durchsichtigen, je nach den Beleuchtungsverhältnissen mehr oder weniger blauen Fläche gebildet wird.“

IV.

Fuchs hat schon 1920 in ausgedehnten experimentellen Untersuchungen über das Sehen der Hemianopiker und Hemiamblyopiker nachgewiesen, daß bei manchen Hemianopikern eine anatomisch periphere Netzhautstelle die Funktion der Macula übernimmt. Diese **Pseudofovea** ist nun das Deutlichkeitszentrum geworden, von ihr fällt die Deutlichkeit nach allen Seiten ab, auch nach der anatomischen Fovea zu. Durch neue Untersuchungen, besonders an einem Fall mit homonymer rechtsseitiger Hemianopsie mit nicht ausgesparter Macula, konnte Fuchs tiefer in die Bedingungen dieser Erscheinung eindringen. (Wilhelm Fuchs, Eine Pseudofovea bei Hemianopikern. Psychologische Forschung, Bd. I, S. 157—186.)

Man erkennt, daß die Pseudofovea nicht fest an eine Netzhautstelle gebunden ist, sondern daß ihre Lage von der Struktur des Sehfeldes abhängt und mit ihr wechselt. Die Sehgröße und die Form der angesehenen Objekte sind dafür bestimmend, wo das Deutlichkeitszentrum liegt, welcher Bereich mit der besten Sehschärfe gesehen wird.

Bei Beobachtungen an Buchstabenreihen zeigte es sich, daß das Deutlichkeitszentrum immer in der ungefähren Mitte des Gesamtsehfeldes lag. Variationen der Versuche bewiesen, daß allein die Sehgröße oder „scheinbare Größe“ der gesehenen Objekte den Ort des deutlichsten Sehens bestimmte, nicht der Gesichtswinkel maßgebend war, unter dem die Objekte gesehen wurden.

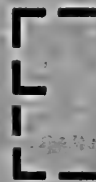


Fig. 1.

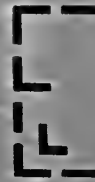


Fig. 2.

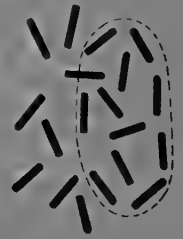


Fig. 3.

Exposition einer Figur (etwa eines Rechtecks, eines E) zeigte neben der Abhängigkeit der Größe des Sehfeldes und der Lage seines „Schwerpunktes“ von der Sehgröße der Figur auch die Abhängigkeit ihrer Deutlichkeit, ja Sichtbarkeit von den Gestalteeigenschaften der Figur. Wurde ein E exponiert, das aus einzelnen Strichen und Winkeln zusammengesetzt war (vgl. Fig. 1), so wurde das ganze E und in ihm die Elemente scharf und farbgesättigt gesehen, wenn die Figur im optimalen Deutlichkeitsbereich lag. Zeichnete man aber einen Winkel, wie er als Element im E deutlich gesehen wurde, nahe neben eine Ecke des E (Fig. 2), so wurde er nun isoliert entweder gar nicht oder nur als „verbläbte, verschwommene Masse“ gesehen.

„Ein schwarzer senkrechter Strich möge so klein sein, daß er sein Deutlichkeitsmaximum in 1 cm Abstand vom (fovealen) Fixationspunkt hat. Wird er in 2½ cm Abstand geboten, so erscheint er trotz starker Aufmerksamkeitslenkung vollständig verbläßt und verschwommen, oder er wird gar überhaupt nicht mehr gesehen. Fügt man nun in dieser Stellung oberhalb und unterhalb von ihm weitere Striche derselben Größe, Dicke und Farbe hinzu, so daß eine

E-Gestalt entsteht, und ist nun deren Größe so gewählt, daß sie in dem betreffenden Abstand von der Fovea „ihr“ Deutlichkeitszentrum hat, so erscheint die ganze E-Gestalt in allen Teilen deutlich. Patient erkennt sogar bestimmt die durch hellere Zwischenräume getrennten schwarzen Striche des E als scharf konturierte Elemente, darunter also auch den vorher isoliert gebotenen Strich. Der vorher völlig verschwommene und verblaßte oder gar unsichtbare kleine Strich erfährt also durch die Aufnahme in die E-Gestalt als ein für deren Struktur wesentlicher Bestandteil einen starken Deutlichkeitszuwachs.“

Wurde dem Patienten ein Strichgewirr exponiert, so gelang ihm die Wahl eines „geeigneten“ Fixationspunktes erst dann, wenn sich einige Striche zu einer klaren Gestalt zusammenschlossen, etwa zu einem Bogen oder einer Ellipse (vgl. Fig. 3. Die Markierung der Ellipse nur zur Verdeutlichung für den Leser, nicht in der exponierten Anordnung). Dann wurde so fixiert, daß diese Gestalt im optimalen Deutlichkeitsbezirk lag, alle danebenliegenden Striche (auch die innerhalb der Ellipse) blieben dabei verblaßt und verschwommen. Und: es kam vor, daß eine Figur wie ein stehendes Rechteck mit eingezeichneten Diagonalen, die der Patient gewöhnlich sehr wohl als Ganzes deutlich zu sehen vermochte, bei Ermüdung oder allgemeiner Indisposition des Patienten für ihn in ein Strichgewirr zerfiel; dann waren nun die einzelnen Linien undeutlich und verschwommen.

V.
In theoretisch wichtiger Beziehung zu den früheren Arbeiten von Fuchs (über das Sehen der Hemianopiker und der Hemiamblyopiker) stehen neue experimentelle Studien von Lindemann über **Scheinbewegungen**, die bei sehr kurzer Exposition von Figuren auftreten. (Erich Lindemann, Experimentelle Untersuchungen über das Entstehen und Vergehen von Gestalten. Nr. 7 der „Beiträge zur Psychologie der Gestalt“, herausg. v. Koffka, Psychologische Forschung Bd. II, S. 5—60.)

Wird z. B. eine Umrißfigur, etwa ein Strichkreis, tachistoskopisch exponiert, so beobachtet man: „Die Kontur schnellst radiär nach außen und wieder zurück, wobei das Zurückgehen nicht so eindringlich ist wie das Auseinanderweichen. Im allgemeinen ist das Zurückgehen an das Verschwinden der Figur gebunden, dehnt sich aber im Optimalstadium auch auf das ganze Gesichtsfeld *nachher* aus und ergreift unter Umständen auch das sich anschließende positive Nachbild.“ Die optimale Expositionszeit liegt zwischen 35 und 70 σ . Die Bewegung kann als Schwingen, Stampfen, Stoßen, Schlagen, Rücken von verschiedener Weite, Heftigkeit, Wucht auftreten. Bei der Exposition von Flächenfiguren tritt außer der Konturbewegung auch Bewegung im Infeld auf.

Variation der exponierten Figuren zeigt, daß die Richtung, Weite und Kraft der Bewegung abhängig ist von Gestaltfaktoren. Die große Mannigfaltigkeit

beobachteter Bewegungen einfacher und komplizierter Figuren erwies sich durchgehend beherrscht von der „Tendenz zur guten und einfachen Gestalt“; und: bestimmte Strukturmomente des Sehraumes (*ausgezeichnete* Lagen und Richtungen) haben einen wichtigen Einfluß auf die Bildung oder den Zerfall der Gestalten (die horizontale und vertikale fungieren als „Hauptverankerungslinien“).

In unregelmäßigen Punkthaufen zeigt sich fast gar keine Bewegung, solange sich nicht eine Anzahl Punkte zu einer Figur ordnen; dann tritt die Bewegung ein. Wird ein Kreis exponiert, dessen Peripherie aus 12 Punkten in gleichen Abständen besteht, und nun die Lage eines dieser Punkte variiert, so beobachtet man bei nicht zu geringer Verschiebung des Punktes aus der Kreisperipherie heraus: „Die Bewegung dieses Punktes ist betont, und zwar sucht er die Peripherie durch besonderen Ausschlag zu erreichen. Im übrigen ist die Kreisbewegung nicht beeinflusst.“ — „Wird die Entfernung zu groß, so tritt ein vollständiger Umschlag in der Bewegungsrichtung ein. Sie führt jetzt zu einer neuen „guten Endgestalt“: dem Kreis mit einer Sehne.“ — „Im Innern der Figur, nahe der Mitte liegend, zeigt unser Punkt alsbald eine kräftige Bewegung zum Mittelpunkt hin.“

Werden Strichfiguren exponiert, und „finden sich in der objektiven Figur kleine Lücken, so machen die freien Enden die heftigste Bewegung, um diese zu schließen, so besonders bei Kreis, Ellipse und Dreieck.“ — „An Stellen, die gestaltlich betont sind, sind auch die Bewegungen am stärksten, so z. B. in der Nähe der Spitze des Dreiecks.“

Die kurze Exposition, bei der solche Bewegungen auftreten, „wirkt allgemein dahin, den Figuren ihre Festigkeit zu nehmen“. Exponiert man Objekte von „Dingcharakter“, so sind diese einem solchen Einfluß gegenüber von größerer Widerstandskraft; und: „Erscheinen die „Dinge“ Zitrone und Würfel im Gesichtsfeld, so fehlte Bewegung ihnen selbst fast ganz. Dafür aber war irgendwie außerhalb des Gegenstandes im Gesichtsfeld eine nicht zu lokalisierende, nach Richtung und Größe unbestimmte und schwankende Bewegung.“

Die aufgewiesenen Erscheinungen sind von Bedeutung für die physiologische Theorie der Verschiebungsvorgänge im optischen Sektor, die von einem stationären Zustand zu einem neuen stationären Endzustand führen. Die Erscheinungen, die von diesem Verschiebungsvorgang selbst ausgehen, können einen *kräftigeren* Ausschlag geben und klarer beobachtbar werden, wenn durch das schnelle Verschwinden der Reize die Festigkeit der von außenher gegebenen Bedingungen für die Ausbildung der Struktur gelockert ist. Unter diesen Umständen können die auf „Verbesserung der Gestalt“ gerichteten Verschiebungen über die Verteilung hinausschießen, die von den Reizen gefordert und bei dauernder Einwirkung erzwungen und gehalten wird.

Benary.

Spektroskopische Mitteilungen.

Die möglichst genaue experimentelle Erforschung der **ultraroten Absorptionsbanden der Halogenwasserstoffe** ist deshalb von großer Wichtigkeit, weil dieselben vom theoretischen Standpunkte ein besonderes Interesse beanspruchen. Bjerrum gab zuerst auf Grund der klassischen Theorie die Deutung, daß es sich hier um Frequenzen handle, die durch Überlagerung der Molekülrotation über die Schwingungen der Atome des Mole-

küls gegeneinander entstehen. Aber auch auf Grund der Bohrschen Atomtheorie gelang es, die beobachteten Banden zu erklären. Die Vorstellung ist dabei diese, daß sowohl die Energie der Schwingung der Atome des Moleküls wie auch die Energie der Rotation des Moleküls quantenhaft verteilt ist. Der Absorption einer ultraroten Bandenlinie entspricht der Übergang des Moleküls von einem Quanten-

zustand zu einem anderen, wobei sowohl Schwingungs- wie auch Rotationsenergie sich quantenhaft ändern. Die verschiedenen Linien einer solchen Rotationserschwingungsbande entstehen bei stets gleichen Änderungen der Schwingungsquanten, aber verschiedenen Änderungen der Rotationsquanten, und zwar können letztere, wie die Theorie zeigt, immer nur um ein Quant zu- oder abnehmen. Die einzelnen Linien einer Bande unterscheiden sich also durch die Zahl der Rotationsquanten, die das Molekül im Anfangszustand der Absorption besitzt. Für die Deutung dieser Spektren war von besonderer Wichtigkeit eine bei $3,4 \mu$ liegende Absorptionsbande des HCl. Diese wurde zuerst von *E. v. Bahr* genauer vermessen. Einen sehr wesentlichen Fortschritt in experimenteller Hinsicht erzielte dann *E. S. Imes*, dem es gelang, die Auflösung dieser Bande in zahlreichen Einzellinien viel weiter zu treiben, als es *E. v. Bahr* gelungen war. Diese Imesschen Messungen bildeten dann die Grundlage für die genauere Theorie dieser Banden, die vor allem von *Reiche*, *Kratzer*, *Kemble* und *Hettner* gegeben wurde. Neuerdings sind nun auch die Imesschen Messungen noch etwas verbessert und erweitert worden, und zwar von *W. F. Colby*, *C. F. Meyer* und *D. W. Bronk* (*Astrophys. Journ.* Bd. 57, 7, 1923). Die Verfasser benutzten zu ihren Untersuchungen ein Beugungsgitter, das auf der ersten Rowlandschen Teilmaschine hergestellt wurde. Dasselbe hat 2800 Linien auf den Zoll (1120 Linien auf 1 cm) und ist besonders lichtstark in der 1. Ordnung in der Gegend von $3,5 \mu$. Figur 1 gibt eine schematische

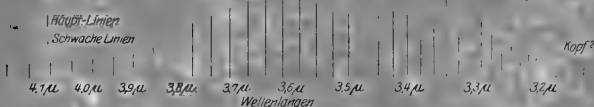


Fig. 1. Schematische Darstellung der HCl-Bande $\lambda = 3,46 \mu$. Die Höhe der Linien ist ein Maß für ihre Intensität.

tische Darstellung der Bande in dem nunmehr erreichten Zustande. Die vertikalen Striche, deren Länge ein Maß für die Intensität ist, deuten die Lage der Linien an. Die Linien sind von der Mitte ab zu nummerieren, nach rechts mit positiven, nach links mit negativen Zahlen. Neu gegenüber den Imesschen Messungen sind die Linien $+13$ bis $+20$, die schon in einer früheren Arbeit desselben Verfassers (*Astrophys. Journ.* Bd. 53, 300, 1921) enthalten sind, und die Linien -13 bis -19 , die in der vorliegenden Arbeit neu gefunden wurden. Die Schwierigkeit, bis zu diesen Linien ins langwelligere Ultrarot vorzudringen, liegt daran, daß hier eine Absorption der Atmosphäre einsetzt. Es zeigte sich aber, daß dieselbe nur auf die in der Luft enthaltene Kohlensäure zurückzuführen ist, so daß sie sich beseitigen ließ. Die Frequenzen der Linien lassen sich durch eine empirische Formel darstellen, deren Konstanten auf Grund der neuen Messungen genauer bestimmt werden können. Es ergibt sich in cm^{-1} :

$\nu = 2886,07 + 20,59831 n - 0,3010223 n^2 - 0,002056583 n^3$ wobei n die Werte der positiven und negativen ganzen annehmen kann. Man erhält den rechten kurzwelligen Zweig der Bande für positive n . Wie man sieht, rücken hier die Linien immer näher auseinander, um bei einem Kopf, der in der Figur gezeichnet, aber bisher in den Messungen nicht erreicht ist, umzukehren. Andererseits werden in dem negativen n entsprechenden langwelligen Teile die Abstände der Linien immer größer. Diese Tatsachen lassen sich theoretisch vollständig erklären, und man kann nach *Kratzer* aus den

Konstanten der Formel das Trägheitsmoment des HCl-Moleküls berechnen, wofür sich der Wert $2,59 \cdot 10^{-40}$ ergibt. Theoretisch von besonderem Interesse ist es, daß in der Mitte der Bande, wie man aus Fig. 1 ersieht, eine Linie fehlt. Auch hierfür konnte *Kratzer* eine Deutung geben. Es hängt dies damit zusammen, daß die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein des rotationslosen Zustandes verschwindend klein ist.

In Fig. 1 ist auf der Seite der langen Wellen durch gestrichelte Linien noch die Lage einiger schwacher Bandenlinien angegeben, von denen *Imes* schon Andeutungen fand und von denen die Verfasser nachweisen konnten, daß sie vor allem bei höheren Temperaturen (schwache Rotglut) stärker herauskommen und sicher keine Geister (durch Gitterfehler verursacht) und wahrscheinlich auch keinen Verunreinigungen zuzuschreiben sind. *Kratzer* hatte nun aus den Imesschen Messungen schon geschlossen, daß diese Linien einer Bande zugehören, bei der das Schwingungsquant bei dem Absorptionsprozeß nicht wie bei der Hauptbande von 0 auf 1, sondern von 1 auf 2 wächst. Für die Richtigkeit dieser Auffassung spricht sehr der Umstand, daß dieselben bei höherer Temperatur herauskommen. Andererseits zeigen aber die von den Verfassern gemessenen Wellenlängen systematische Abweichungen gegenüber den von *Kratzer* unter obiger Hypothese berechneten Werten. Aus diesem Grunde halten es die Verfasser für fraglich, ob diese Linien mit den von *Kratzer* berechneten identisch sind. Da dieselben aber sehr schwach sind, scheint es dem Referenten nicht ausgeschlossen, daß noch Fehler in der genauen Wellenlängenbestimmung vorliegen, andererseits wäre es auch möglich, daß die Kratzerschen Berechnungen noch eine Korrektur im Betrage der obigen Abweichungen zulassen.

Zu spektroskopischen Untersuchungen, bei denen höchste Anforderungen gestellt werden, was die Dispersion und das Auflösungsvermögen der benutzten Apparate betrifft, also z. B. bei der Analyse der Feinstruktur der Spektrallinien, benutzt man im allgemeinen Interferenzapparate, und zwar entweder die planparallele Platte nach *Lummer* und *Gehrcke* oder das Stufengitter nach *Michelson* oder das Interferometer von *Fabry-Perot*. Bei diesen Instrumenten wird die Anordnung im allgemeinen so getroffen, daß das zu untersuchende Licht zunächst mit Hilfe eines Spektralapparates kleiner Dispersion, meist eines Prismenspektroskops, spektral roh zerlegt wird, so daß nur das nahezu monochromatische Licht einer bestimmten Spektrallinie in den Interferenzapparat eintritt. Bei einer derartigen Anordnung gelingt es, solche Linien auf ihre Feinstruktur zu untersuchen, die in der Lichtquelle sehr scharf sind; mehr oder weniger diffuse Linien, wie es die meisten Linien der Lichtbögen oder Funken in Luft sind, ergeben verwaschene Interferenzstreifen. *H. Nagaoka* und *T. Mishima* beschreiben nun im *Astrophys. Journ.* Bd. 57, 93, 1923, eine Anordnung, die es gestattet, auch etwas diffusere Linien, z. B. die Linien eines Eisenbogens in Luft, mit Interferenzapparaten zu untersuchen. Bekanntlich bekommt man von derartigen Lichtquellen, wie Bögen oder Funken in Luft, auch bei größter Dispersion noch gute scharfe Spektrogramme, wenn man Konkavgitter benutzt, wobei die astigmatische Abbildung derselben von wesentlicher Bedeutung ist. Die Verfasser gehen nun von dem Gedanken aus, daß man die große Auflösungskraft der Interferenzapparate und die günstigen Abbildungsverhältnisse der Konkavgitter vereinigen solle, und benutzen eine Anordnung, bei der diese beiden Apparate

in eigenartiger Weise kombiniert sind. Sie lassen nämlich das unzerlegte Licht der Lichtquelle zunächst auf den Interferenzapparat auffallen. Als solchen benutzen sie entweder eine Lummer-Gehrcke-Platte oder ein Stufengitter, die beide geradlinige, parallele Interferenzstreifen geben. An die Stelle, wo diese entstehen, wird der Spalt des Konkavgitters gebracht. Derselbe wird so weit (2—3 mm) geöffnet, daß mehrere (etwa 3) Streifen aufeinanderfolgender Ordnungen des Interferenzapparates auf dessen Breite entfallen. Auf der Platte des Gitterspektrographen erhält man dann nebeneinander von jeder Spektrallinie drei Bilder. Man kann so also viele Linien gleichzeitig photographieren mit einem Auflösungsvermögen, das durch den Interferenzapparat bestimmt ist, und einer Schärfe der Abbildung, die durch den Astigmatismus des Konkavgitters günstig beeinflusst wird. Die Verf. reproduzieren eine Aufnahme des Eisenlichtbogens. Benutzt wurde eine Lummer-Gehrcke-Platte aus Quarz von 4,529 mm Dicke und ein Konkavgitter von 1,85 m Krümmungsradius in Littrow-Anordnung. Auf dem Spektrogramm sieht man von jeder Linie je drei Bilder, die drei verschie-

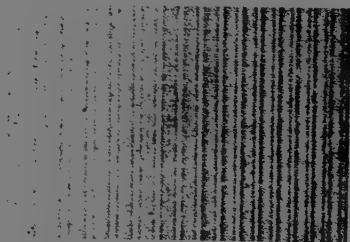


Fig. 2. Aufnahme der Hg-Linie $\lambda = 2536.7$ mit Lummer-Gehrcke-Platte und Konkavgitter. Die Linie ist ein Dublett. Die in der Figur aufeinander folgenden Doppellinien entsprechen verschiedenen Ordnungen der Lummer-Gehrcke-Platte.

denen Ordnungen der Lummer-Gehrcke-Platte entsprechen. Die stärksten Linien sind überbelichtet, werden aber, wie die Verfasser angeben, bei kürzerer Belichtungszeit auch scharf. Die meisten Linien sind einfach, bei einzelnen erkennt man aber auch Feinstrukturkomponenten.

Fig. 2 zeigt eine entsprechende Aufnahme der bekannten Quecksilberlinie $\lambda = 2536,7$ Å. E. Hier entfallen eine ganze Reihe von Ordnungen der Lummer-Gehrcke-Platte auf die Breite des Spaltes. Man sieht sehr schön, daß die Linie doppelt ist. Für den Abstand des Dubletts ergibt sich $\Delta\lambda = 0,0142$ Å. E. in Übereinstimmung mit dem von L. Wilson (Astrophys. Journ. 46, 340, 1917) gefundenen Werte. Die Verfasser geben an, daß außerdem Andeutungen von einigen weiteren Komponenten zu sehen seien.

Auch das Triplet $\lambda = 3663, 3655, 3650$ wurde untersucht, wobei ein Stufengitter von 35 Platten, 9,36 mm dick, mit Stufen von 1 mm mit demselben Konkavgitter kombiniert wurde. Jede der Tripletlinien besteht wieder aus mehreren Komponenten, in deren Abständen die Größe $\Delta\lambda = 0,913$ Å. E. eine Rolle zu spielen scheint, da sie in allen drei Linien nahezu vorkommt. Dieser letztere Umstand ist nicht ohne theoretisches Interesse. Bisher ist ja der Ursprung der Feinstrukturkomponenten noch völlig ungeklärt. Man wird aber nach der Bohrschen Atomtheorie annehmen müssen, daß auch jede dieser Feinstrukturkomponenten beim Übergang eines Elektrons von einer Quantenbahn zu einer anderen entsteht, wobei die frei werdende Energie monochromatisch ausgestrahlt wird. Es muß also auch möglich sein,

die den Frequenzdifferenzen der Komponenten entsprechenden Energiedifferenzen zu zerlegen in Energiedifferenzen der Anfangs- und Endbahn des springenden Elektrons derart, daß die möglichen Kombinationen zwischen den Energieniveaus die tatsächlich beobachteten Linien ergeben. Es wäre dies nichts anderes als eine Anwendung des Kombinationsprinzips auf die Feinstruktur dieser Linien, eines Prinzips, das sich bekanntlich bei der Deutung der Feinstruktur der Wasserstoff- und Heliumlinien sowie des Zeeman- und Starkeffektes glänzend bewährt hat. Bisher reichen aber wohl die vorliegenden Messungen nicht aus, um den vorgeschlagenen Weg erfolgreich zu beschreiten.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß viele Spektrallinien sich bei zunehmendem Druck des Gases in dem die Entladung erzeugt wird, mehr oder weniger verbreitern. Wird die Druckzunahme durch Zusatz eines fremden Gases erzeugt, so hängt die Verbreiterung wesentlich von der Art dieses Gases ab. Die für die meisten Fälle richtige Erklärung dieser Erscheinung ist die, daß es sich hier um einen Stark Effekt, also um den Einfluß eines elektrischen Feldes handelt, wobei dieses Feld im vorliegenden Falle erzeugt wird durch die das leuchtende Atom umgebenden Nachbaratome. Daß die Nachbaratome elektrische Felder in ihrer Umgebung erzeugen, ist ohne weiteres klar, wenn es sich um eine Entladung mit großer Stromdichte (z. B. Funken) handelt, wo ein großer Teil der Atome ionisiert ist. Aber auch in der nächsten Umgebung eines ungeladenen Atomes sind elektrische Felder vorhanden, da ja die den Kern des Atomes umgebenden Elektronen das von diesem ausgehende elektrische Feld nicht vollständig abschirmen. Die abschirmende Wirkung der Elektronen wird um so vollständiger sein, je symmetrischer die Anordnung derselben ist. Das ist z. B. bei den Edelgasen der Fall, und infolgedessen ist die Druckverbreiterung der Spektrallinien bei Zusatz von Edelgasen auch relativ gering. Die abschirmende Wirkung der Elektronen ist besonders unvollständig bei den Elementen, die im periodischen System dicht vor den Edelgasen stehen, weil hier die Konfiguration der äußeren Elektronen unsymmetrisch ist. Dies sind die Halogene Fl, Cl, Br und J. Daß bei ihnen das elektrische Feld besonders stark nach außen wirkt, geht unmittelbar aus ihrem elektronegativen Charakter hervor. Sie sind bestrebt, noch ein weiteres Elektron außen anzulagern und so negative Ionen zu bilden.

Wenn wir also durch Zusatz von Halogenen den Druck in Entladungsröhren vergrößern, so müssen wir starke Verbreiterungseffekte erwarten. Einen in dieser Hinsicht charakteristischen Versuch beschreibt nun S. Datta (Astrophys. Journ. Bd. 57, 114, 1923). Derselbe erzeugte in einem Vakuumrohr, in dem sich etwas Luft befand, eine Geisslersche Entladung, deren Spektrum neben anderem die zweite Gruppe der positiven Banden des Stickstoffes zeigt. In einem seitlichen Ansatzrohr befand sich Brom, das durch Kühlung auf verschiedener Temperatur gehalten werden konnte, so daß der Dampfdruck des Broms in dem Entladungsröhr beliebig variabel war. Bei starker Kühlung, also verschwindend kleinem Druck des Bromdampfes erschienen die genannten Stickstoffbanden scharf. Wurde der Druck etwas erhöht, so wurden die Banden zunächst unscharf und bei einem etwa -40° C des Kondensats entsprechenden Dampfdruck des Bromes waren die Banden nur noch als verwaschene Intensitätssteigerungen über einem kontinuierlichen Spektrum, das vom Brom selbst herrührt, erkennbar. Wir haben hier also einen Fall der Druckverbreiterung vor uns, bei der

dieselbe infolge der starken Felder der elektronegativen Brommoleküle so weit geht, daß die Struktur der Linien vollständig verschwindet. Zu bemerken ist, daß die sogenannte Cyanbande bei $\lambda = 3883$, die aber auch dem Stickstoff zuzuschreiben ist, in ihrer Schärfe fast un-

beeinflusst bleibt durch den Zusatz des Bromes. Die Moleküle des Stickstoffes müssen also in den Anregungszuständen, die bei der Emission dieser sogen. Cyanbanden vorliegen, durch elektrische Felder wenig beeinflusbar sein.

Astronomische Mitteilungen.

Entfernung und absolute Helligkeit der δ Cephei-Sterne. In ihrer bekannten Kritik¹⁾ der Shapley'schen Entfernungsskala der Kugelhaufen waren *Kapteyn* und *van Rhijn* von den Eigenbewegungen einiger wenigen δ Cephei-Sterne ausgegangen und hatten daraus säkulare Parallaxen abgeleitet, deren Zuverlässigkeit von *Shapley* mit Erfolg angefochten werden konnte²⁾. Nun hat *R. E. Wilson*³⁾ das Problem von neuem, aber auf wesentlich breiterer Basis, in Angriff genommen. Er trug alles zusammen, was an EB von δ Cephei-Sternen irgendwie erreichbar war, und verfügte so schließlich über eine Liste von 84 Sternen (gegenüber 19 bei *Kapteyn*), von denen 14 als aus irgendwelchen Gründen zweifelhaft später unberücksichtigt blieben. Der grundsätzliche Unterschied zwischen den Sternen mit Perioden unter einem Tag und solchen über einem Tag kommt in folgenden Mittelwerten zum Ausdruck:

Peri-	An-	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>q</i>	τ	<i>V</i>
ode	zahl					
0 ^d 52	19	9,8	35°	+0",0169	+0",0079	94 km/sec
10,53	51	6,8	7°	+0",0132	-0",0009	122 "

m ist die scheinbare Größe, *b* die galaktische Breite, *q* die parallaktische EB, τ die Komponente der EB in der Richtung senkrecht zur Sonnenbewegung und *V* schließlich die aus 6 bzw. 24 Radialbewegungen abgeleitete, den τ entsprechende Spezialbewegung. Bezeichnet noch *V*₀ die Sonnengeschwindigkeit, die aus den Radialbewegungen der Gruppe II zu 21,4 km/sec gefunden wurde, so können die mittleren Parallaxen aus einer der beiden Beziehungen berechnet werden:

$$\pi_1 = 4,737 \cdot \frac{q}{V_0}$$

$$\pi_2 = 4,737 \cdot \frac{\tau}{V}$$

Die nach Ausscheidung aller Sterne, deren EB mit einem größeren wahrscheinlichen Fehler als $\pm 0",015$ behaftet sind (15 Sterne), erhaltenen Einzelresultate und die entsprechenden Zahlen *Shapleys* sind:

Periode	Anz.	π_1	π_2	π_m	π_{sh}	<i>f</i>
0-1 ^d	14	+0",0033	+0",0013	0",0014	0",0016	0,9
2-6	15	44	43	44	32	1,4
6-9	13	40	28	33	18	1,8
9-20	9	10	34	16	13	1,2
20-40	4	—	02	52	5	0,7

π_m sind die nach Maßgabe der Unsicherheit der Werte π_1 und π_2 gebildeten Mittelwerte, *f* die Faktoren, mit denen *Shapleys* Zahlen zu multiplizieren wären. Mit Rücksicht auf die geringen Anzahlen von Sternen in den einzelnen Gruppen haben die Übereinstimmungen zwischen dem π_1 und π_2 nichts Be-

beachtliches. Faßt man alle Einzelwerte zu einem Gesamtmittel zusammen, so erhält man:

$$q = 0",0143 \quad V_0 = 22,0 \text{ km/sec} \quad \pi_1 = 0",0031$$

$$\tau = 0",0136 \quad V = 23,6 \quad \pi_2 = 0",0073$$

Und damit:

$$\pi_m = 0",00254 \quad \pi_{sh} = 0",00199 \quad f = 1,28$$

Shapleys Entfernungsskala ist also höchstens um 30 % zu verkürzen.

Zu einer wesentlich anderen Auffassung der Sachlage kommt *Henroteau*⁴⁾ am Schlusse einer Arbeit, die sich mit variablen Radialgeschwindigkeiten beschäftigt. Indem er den Grund der Variation in Pulsationen der Sterne sieht, konstruiert er die folgende Reihe von Typen mit abnehmender Periodenlänge:

Typus	Spektral-	Periode	Linien
klasse			
δ Cephei	G-Riese	35 ^d bis 5 ^d	scharf
"	F-Riese	16 ^d 3 ^d	etwas diffus bei kurz. Perioden
β Canis maj.	B	8 ^h 4 ^h	gewöhnlich etwas diffus
"	A und F	4 ^h 2 ^h	breit und diffus

Da die Abnahme der Periode im Sinne zunehmenden Alters der Sterne erfolgt, stellt *Henroteau* den Satz auf: „Die Periode ist eine Funktion einer einzigen Variablen, der mittleren Dichte des Sternes, oder vielleicht eine Funktion zweier Variablen, der mittleren Dichte und der Masse des Sternes, wobei die Änderungen der mittleren Dichte bei weitem den größten Einfluß auf die Periodenlänge haben.“

Dies zwingt zu der Schlußfolgerung, daß die kurzperiodischen δ Cephei-Sterne (insbesondere aber die Haufen-Veränderlichen) Sterne von geringer Masse und kleiner absoluter Helligkeit seien. Damit käme man wieder auf den von *Curtis* und anderen vertretenen Standpunkt bezüglich der Entfernung und Größe der kugelförmigen Sternhaufen. Man müßte dann nicht nur einen Unterschied in den δ Cephei-Sternen ein und desselben Spektraltypus machen, sondern müßte auch den anderen Sternen in den Sternhaufen Eigenschaften zuschreiben verschieden von denen der normalen Sterne, müßte insbesondere die B- und A-Sterne in den Sternhaufen um durchschnittlich 5 Größenklassen schwächer annehmen als die Sterne desselben Typus im Milchstraßensystem. Solange nicht zwingendere Gründe vorliegen als die auf die sehr hypothetische Pulsationstheorie sich stützenden, wird man wohl lieber an der Einheitlichkeit des *Shapleyschen* Weltbildes festhalten. *Kienle*.

⁴⁾ A spectrographic study of stars of classes A and F. Publ. Dominion Obs. Ottawa Vol. VIII, Nr. 5.

¹⁾ Siehe Naturw. 10, 552 (1922).

²⁾ Siehe Naturw. 11, 138 (1923).

³⁾ Astr. Journal XXXV, 35 (Nr. 821).

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft.

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von H. BRAUS in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 42. (Seite 849–864.)

19. Oktober 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Aus dem Geschlechtsleben der Spinnen. (Die Tasterfüllung der Männchen.) Von *Ulrich Gerhardt, Breslau*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 849.
Von der Wandelbarkeit des Vogelliedes. Von *Fritz Braun, Danzig*. S. 854.

Besprechungen:

Thorndike, L., History of magic and experimental science. Von *E. O. von Lippmann, Halle*. S. 857.
Leiter, F., und A. Hay, Leitfaden zur Behandlung und Bewertung von Kystoskopien und deren Optik. Von *M. v. Rohr, Jena*. S. 858.
Hevesy, Georg v., und Fritz Paneth, Lehrbuch der Radioaktivität. Von *Lise Meitner, Berlin-Dahlem*. S. 859.
Kober, L., Bau und Entstehung der Alpen. Von *Arnold Heim, Zürich*. S. 860.
Bischof, Carl, Die feuerfesten Tone und Rohstoffe sowie deren Verwendung in der Industrie

feuerfesten Erzeugnisse. 4. Auflage. Von *W. Funk, Meissen*. S. 861.

Nernst, W., und A. Schoenflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. 10. Auflage. Vorwort. S. 861.
Gröh, Julius, Kurzes Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 862.
Schwarz, Robert, Feuerfeste und hochfeuerfeste Stoffe. Von *W. Funk, Meissen*. S. 862.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Über Blutkohle und Häminkohle. Von *Otto Warburg und Walter Brefeld, Berlin-Dahlem*. S. 862.

Astronomische Mitteilungen. S. 863–864.

Der K-Effekt. Die Absorption des Sternenlichtes durch dunkle Nebel. Zirkonbanden in Spektren der S-Sterne.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Vor kurzem erschien:

Kurzes Lehrbuch der allgemeinen Chemie

Von Julius Gröh

o. ö. Professor der Chemie an der Tierärztlichen Hochschule Budapest

Übersetzt von Paul Hári

o. ö. Professor der physiologischen und pathologischen Chemie an der Universität Budapest
Mit 69 Abbildungen. (VIII, 278 S.) 1923. Gebunden 8 Goldmark / Gebunden 1,95 Dollar

Inhaltsübersicht:

Einleitung. Aufgaben der Physik und der Chemie. *Erstes Kapitel.* Physikalische Grundbegriffe. *Zweites Kapitel.* Die Gesetze der chemischen Zusammensetzung und der chemischen Umwandlungen: Die drei Grundgesetze der chemischen Zusammensetzung / Atom- und Molekulartheorie Die Avogadro'sche Regel: Bestimmung des Molekulargewichtes / Bestimmung des Atomgewichtes / Die Molekularstruktur / Die chemischen Umsetzungen / Die Einteilung der Elemente / Die Einteilung der Verbindungen. *Drittes Kapitel.* Thermochemie. *Viertes Kapitel.* Elektrochemie: Elektrolytische Dissoziation / Die Elektrolyse / Elektrische Leitfähigkeit der Elektrolytlösungen / Galvanische Elemente / Elektrochemische Deutung der chemischen Erscheinungen. *Fünftes Kapitel.* Chemische Mechanik: Physikalische Systeme / Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen / Chemische Gleichgewichte / Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf die wichtigsten der vorkommenden Fälle. *Sechstes Kapitel.* Der kolloidale Zustand. *Siebentes Kapitel.* Photochemie. *Achstes Kapitel.* Radioaktivität. *Anhang.* Die wichtigsten der im chemischen Laboratorium angewandten physikalischen Untersuchungs- und Bestimmungsmethoden: Gewichts-, Volumbestimmung; Bestimmung des spezifischen Gewichts (der Dichte) / Temperaturmessung / Calorimetrische Bestimmungen / Elektrische Messungen / Optische Untersuchungen / Reinigung und Isolierung der Substanzen.

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark, zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages. Einzelnummer 0,80 Goldmark.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar.

Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-	}	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,
Konten		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Verlag von JULIUS SPRINGER in Berlin W 9

Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere

Herausgegeben von

F. Czapek†, M. Gildemeister, E. Godlewski jun., C. Neuberg, J. Parnas.

Redigiert von **J. Parnas.**

Erster Band: **Die Wasserstoffionen-Konzentration.** Ihre Bedeutung für die Biologie und die Methoden ihrer Messung. Von Dr. **Leonor Michaelis**, a. o. Professor an der Universität Berlin. **Zweite**, völlig umgearbeitete Auflage. In 3 Teilen. Erster Teil: **Die theoretischen Grundlagen.** Unveränderter Neudruck. 1923. Mit 32 Textabbildungen. (XI, 262 S.)

8,80 Goldmark; geb. 11 Goldmark / 2,10 Dollar; geb. 2,65 Dollar

Zweiter Band: **Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine Physiologie.** Von **Hans Winterstein**, Professor der Physiologie und Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Rostock i. M. Mit 7 Textabbildungen. (IX, 319 S.) 1919.

z. Z. vergriffen

Dritter Band: **Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels.** Von Dr. **M. Guggenheim.** (VIII, 376 S.) 1920.

12 Goldmark / 2,90 Dollar

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländische Gulden.

Aus dem Geschlechtsleben der Spinnen. (Die Tasterfüllung der Männchen.)

Von Ulrich Gehrhardt, Breslau.

Für unsere gesamte Auffassung von der Sexualbetätigung der männlichen Spinnen war *Menges* im Jahre 1843 veröffentlichte Entdeckung von ausschlaggebender Bedeutung, daß das Tier seine an dem Endgliede seiner Kiefertaster gelegenen akzessorischen Kopulationsorgane in einem der Begattung vorangehenden Akt mit Samen füllt. Ähnliches kommt auch bei diplopoden Tausendfüßlern (*Julus*, *Polydesmus* usw.) vor, aber eine Besonderheit, die diesem Vorgange anhaftet, findet sich, soweit bekannt, ausschließlich bei den Spinnen. Es ist dies die eigentümliche Inanspruchnahme des Spinnvermögens für die Füllung der Taster mit Sperma.

Betrachten wir kurz den anatomischen Sachverhalt, der dem biologischen Geschehen zugrunde liegt, so haben wir bei den männlichen Spinnen in dem Fehlen primärer, d. h. unmittelbar der Mündung der Geschlechtsöffnung angeschlossener Kopulationsorgane einen Charakter vor uns, den sie mit ihren Geschlechtsgenossen aus den meisten übrigen Ordnungen der Spinnentiere oder Arachniden teilen. Ausnahmen bilden vor allem die bekannten Weberknechte (Phalangiden) mit sehr entwickeltem primären Kopulationsorgan (Penis), sowie einige Milbenarten.

An mehreren Orten im tierischen System begegnen uns nun gerade in solchen Fällen des Fehlens der primären Organe andere Übertragungsmechanismen für das Sperma während des Begattungsaktes, die durch einen Funktionswechsel solcher Organe zustande gekommen sind, die primär nichts mit den eigentlichen Sexualorganen zu tun haben. Dahin gehören der Hectocotylusarm der männlichen Cephalopoden oder Tintenfische, die Kopulationsfüße der erwähnten Tausendfüßlermännchen, das akzessorische männliche Organ der Libellen und endlich die uns hier beschäftigenden Taster der männlichen Spinnen. Gerade diese Organe haben sogar mehr als einmal Änderungen ihrer Funktion erfahren müssen, um zu ihrem jetzigen Zustand gelangen zu können. Die Extremität, die der Taster darstellt, ist zunächst an ihrer Basis zu einem Kauorgan geworden (Maxille), während ihr freier Endteil zum Tastorgan wurde, das nur im männlichen Geschlecht schließlich Begattungsfunktionen übernehmen mußte. Da zwischen der an der Bauchseite der Hinterleibswurzel, nahe hinter dem Bauchstiel gelegenen Geschlechtsöffnung des Männchens und dem Taster keine innere Verbindung besteht, so blieb die Methode, durch die

das Sperma in die Taster eingebracht wird, lange Zeit ein Rätsel, das aber durch die *Mengesche* Beobachtung eine Lösung fand. Zum Verständnis des Vorganges wird es nötig sein, kurz die Beschaffenheit des männlichen Tasters zu besprechen.

Bei beiden Geschlechtern besteht der Taster aus Hüfte (Coxa), Oberschenkel (Femur), Knie Scheibe (Patella), Schienbein (Tibia) und Lauf (Tarsus). Während aber der normal geformte, klauentragende Tarsus des Weibchens dem der Gehbeine gleicht, ist er beim Männchen meist stark umgeformt und an seiner Beugeseite mit einem oft äußerst kompliziert gebauten Anhangs-



Fig. 1. Taster einfacher Form von *Loxoseles rufescens* L. ♂. t = Tarsus, b = Bulbus genitalis, e = Embolus. Verändert nach Strand.

gebilde, dem eigentlichen Begattungsorgan oder *Bulbus genitalis* versehen. Der höhere oder geringere Grad der Umgestaltung erstens des Endgliedes (zum „Schiffchen“) und zweitens das Fehlen oder Vorhandensein komplizierender Hilfsgebilde am Bulbus bedingt den primitiveren oder differenzierteren Bau des Kopulationsorganes, der auf Grund dieser Verschiedenheiten zu einem der wichtigsten Kriterien für die systematische Einteilung der Spinnen geworden ist.

Im einfachsten Fall (*Loxoseles*, Fig. 1) besteht der Bulbus (b) bei wenig verändertem Tarsalglied (t) aus einem birnförmigen Behälter, an dessen Spitze ein blind endender, spiral gewundener Kanal, der *Spermophor*, mündet. Aus diesem Kanal wird das Sperma bei der Begattung der Spinnen in die Samentaschen des Weibchens vom Männchen mit Hilfe des spitzen Endfortsatzes, des *Embolus* (e) eingebracht und, auch in den Fällen kompliziertester Gestaltung des Bulbus durch Hinzutreten eines besonderen, mit Blutschwembaren Austreibungsmechanismus für das

Sperma, bleibt der Vorgang prinzipiell der gleiche.

Wie aber kommt das Sperma in den Tasterbulbus hinein? Auf diese Frage gab *Menges* schon kurz gestreifte Beobachtung von 1843 die Antwort. Er sah (bei *Linyphia* und *Agalena*), daß das Männchen sich dadurch in den Zustand der Bereitschaft zur Begattung setzte, daß es einen Tropfen Sperma auf ein eigens hierfür gewobenes kleines Gespinst (*Menges* „Steg“) absetzte und diesen Tropfen durch abwechselndes Auftupfen mit beiden Tasterbulbi von diesem Gewebe absog.

Eine Reihe anderer Autoren (*Ausserer*, *Bertkau*, *Montgomery*, *Petrunkewitch*) haben, außer *Menge* selbst, bei einer beträchtlichen Zahl von Spinnenarten den Vorgang der Tasterfüllung des Männchens beobachtet und beschrieben. *Menge* gelang es, ihn bei acht europäischen, *Montgomery* bei sieben amerikanischen Arten zu beobachten; daneben ist die wichtigste Schilderung die, die *Petrunkewitch* von der Tasterfüllung bei der nordamerikanischen Vogelspinne *Eurypelma hentzi* gibt. Ich konnte in den drei letzten Sommern¹⁾ bei einer großen Anzahl von Spinnenarten (fast 70) die Begattung und immerhin bei 35 den oft weit schwieriger zu sehenden Vorgang der Tasterfüllung beobachten. Dazu kommen 17 Arten aus der Literatur, so daß im ganzen von 52 Arten Beobachtungen vorliegen. Sie erstrecken sich über 15 Familien, und es kann nunmehr gesagt werden, daß im allgemeinen die Handlungen, die zur Ausführung der Tasterfüllung nötig sind, bei allen Spinnen recht einheitlich verlaufen; aber bei einer größeren Breite der Beobachtungsbasis finden sich doch allerlei Unterschiede, die z. T. gerade besonderes Interesse bieten dürften.

Ein Spinnenmännchen, das seine Taster füllen will (über den Zeitpunkt, zu dem dies geschieht, wird noch zu sprechen sein), kaut zunächst an deren Bulbis herum und zeigt Zeichen von allgemeiner Unruhe. Dann beginnt es zwischen zwei die Äste einer Gabel darstellenden oder auch mehr oder minder parallel verlaufenden starken Spinnfäden ein locker gewebtes Band aus sehr feinen Fäden zu spinnen, das meist annähernd horizontal steht. Die sehr lebhaften und heftigen Spinnbewegungen gehen über in klopfende und reibende Bewegungen des Hinterleibes, die die an seiner Basis ventral gelegene Geschlechtsöffnung mit der freien, stärker gewebten Vorderkante des Spermagespinstes in Berührung bringen. *Campbell* hat gezeigt, daß die Geschlechtsöffnung männlicher Spinnen mit feinen *Sinnespapillen* umstellt ist, die durch diese Bewegungen gereizt werden und diesen Reiz auf das sekretorische Nervensystem der Geschlechtsorgane weiterleiten, bis schließlich die Abgabe eines Spermaquantums ausgelöst wird, das, als größerer oder kleinerer, zäher oder dünnflüssiger, milchig-trüber oder

glasheller Tropfen, je nach der Art, aus der Genitalöffnung austritt und an dem Gewebe, an oder dicht hinter dessen freier Vorderkante, hängen bleibt. Damit ist der erste Teil der Prozedur beendet und das Männchen muß nun seine Lage zum Gespinst (auf dem es entweder sitzt, wie bei den meisten Lauf- und Röhrenspinnen, oder unter dem es hängt, wie bei fast allen Netzspinnen) etwas ändern, so daß es mit den Endfortsätzen (Emboli) seiner Tasterbulbi in den Spermatropfen hineingreifen kann. Das geschieht in der großen Mehrzahl der Fälle abwechselnd mit dem rechten und linken Taster. Man beobachtet, wie der Tropfen kleiner und kleiner wird; sowie ein Taster abgehoben ist, wird er schleunigst durch

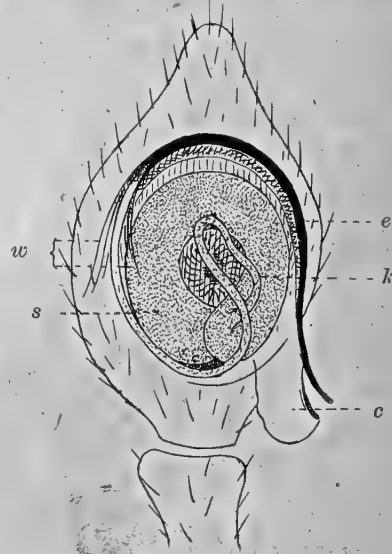


Fig. 2. Taster von *Dictyna viridissima* Walck. *s* = samengefüllter Sperrophor, *k* = sein Endgang, *e* = Embolus, *w* = dessen Wurzeln (*c* sein Conductor). Nach Gerhardt.

den anderen ersetzt und in einer Zeit, deren Dauer je nach der (relativen) Größe und der Konsistenz des Spermatropfens von einer Minute bis (*Eurypelma* nach *Petrunkewitch*) zu mehr als einer Stunde betragen kann, wird das ganze Ejaculat von den Spermatophoren aufgenommen. Daß dies tatsächlich der Fall ist, läßt sich leicht im mikroskopischen Präparat des ungefüllten und gefüllten Tasters zeigen.

Es ist hier nunmehr wohl der Ort, um über die Ungleichheiten, die sich im einzelnen, trotz der Uniformität des Vorganges, unter den Spinnen finden, einiges zu sagen.

Zunächst besteht zwischen den Vogelspinnen, den meisten Lauf- und Röhrenspinnen auf der einen und den Krabben- und Netzspinnen auf der anderen Seite der Unterschied, daß bei den erstgenannten das Männchen das Sperma durch das Gewebe hindurch (indirekt) in die Bulbi aufnimmt, also zu diesem Zwecke mit ihnen über die freie Kante des Spermagewebes hinweg auf dessen jenseitige Fläche, hinter den Tropfen, greift. Bei den Netzspinnen hingegen wird der Tropfen meist

¹⁾ Von den Resultaten dieser Untersuchungen ist ein Teil (1921) erschienen, während der größte Teil der Schilderungen neuer Befunde, gerade in bezug auf die Tasterfüllung, seit über Jahresfrist des Erscheinens harret.

von dem unter dem Gewebe hängenden Männchen auf dessen obere Fläche abgesetzt, so daß das Tier, wenn es mit den Tastern über die Gespinstkante greift, mit den Embolis in den Tropfen hineingerät und ihn so *direkt* aufsaugen kann. Eigentümlich ist, daß in der Familie der *Linyphiiden*, wie es scheint allgemein, ferner auch bei dem in Deutschland sehr seltenen und nur in Mittel-franken und Nassau beobachteten *Uloborus walckenaerius* Ltr. das Männchen bei der Anfertigung des Gewebes und auch nachher bis nach vollendeter Ausstoßung des Spermatropfens auf dem Gespinst sitzt, sich dann aber plötzlich auf dessen Unterseite fallen läßt und so, von unten her und *direkt*, das Sperma aufnimmt²⁾.

Weiter besteht in der Familie der *Tetragnathiden*, und zwar bei beiden einheimischen Gattungen (*Tetragnatha* und *Pachygnatha*) die Besonderheit, daß das Männchen (unter dem Netz und direkt) mit beiden Tastern gleichzeitig das Sperma aufsaugt. Das ist deshalb von Interesse, weil bei der Begattung in dieser Familie die Taster alternierend angewandt werden, während die in vielem sehr ursprüngliche *Dysderidae* *Segestria* umgekehrt zwar bei der Kopulation, nicht aber bei der Spermaaufnahme des Männchens, beide Taster gleichzeitig verwendet.

Den abweichendsten Modus aber finden wir in der auch sonst sehr seltsamen, durch zwei Arten in Deutschland vertretenen Familie der *Pholiden* (Zitterspinnen), deren Männchen auch durch einen sehr abweichenden morphologischen Bau ihrer Taster ausgezeichnet sind. Auch hier leitet das Männchen durch Kauen an den Bulbi seiner Taster den Gesamtvorgang der Spermaaufnahme ein, zieht dann plötzlich einen langen einzelnen Spinnfaden, den es mit den Spitzen des dritten Fußpaares ergreift, quer spannt, und über seine Genitalöffnung in der Richtung von vorn nach hinten, und umgekehrt, hin und her streicht, bis der Spermatropfen erscheint und an dem Faden hängen bleibt. Nun wird der Faden, samt dem daran haftenden Tropfen, so weit nach vorn gebracht, daß der Tropfen von den Oberkiefern (Cheliceren) ergriffen und abgenommen werden kann. Während das dritte Fußpaar, wenn nun auch lockerer, noch immer den Faden hält, holen die Taster, deren Emboli abwechselnd zwischen die Kiefer gebracht werden, aus ihnen den Spermatropfen heraus. So ist also hier das fixe Spermagewebe durch einen beweglichen Faden ersetzt; der Effekt ist in beiden Fällen ja der gleiche.

Es unterliegt bei dem Fehlen jeglicher Muskulatur am Embolus und Spermatrophor keinem Zweifel, daß lediglich durch *Kapillarität* das Sperma in die Tasterschläuche aufgesogen wird.

Hat das Männchen alle diese Handlungen vollzogen, so ist es *begattungsbereit*, aber meist nicht sofort, sondern erst nach Ablauf einer manchmal

mehrere (bis 14) Tage währenden Karenzzeit, über deren Ursache wir nichts wissen. Bei einigen Netzspinnen (besonders *Linyphiiden*) kann sich das Männchen unmittelbar nach vollendeter Spermaaufnahme begatten (s. u.).

Es ist nun ohne weiteres klar, daß diese Begattungsbereitschaft einen zeitlich nach beiden Seiten hin begrenzten Zustand darstellt, da er erst beginnt mit dem Abschluß der beschriebenen Handlungen und erlischt, wenn die Spermatrophoren entleert sind. Da in den Hoden nun sehr viel mehr Sperma produziert als bei einer Tasterfüllung verwendet wird, so kann der Zustand der Begattungsbereitschaft mehrmals im Leben eines Spinnenmännchens eintreten. Er muß es, genügende lange Lebensdauer vorausgesetzt, deshalb weil die Füllung der Taster reflektorisch und zwangsläufig durch das Zusammentreffen zweier Bedingungen ausgelöst wird: durch *Vorhandensein reifen Spermas in den Gonaden oder deren Leitungswegen und durch die gleichzeitige Leere der Tasterschläuche*. Primär ist dieser Zustand gegeben bei jedem Spinnenmännchen, das nach der letzten Häutung seine Reife erlangt hat; sekundär tritt er wieder ein nach Entleerung der Spermatrophoren durch Begattung. Die allermeisten bisher vorliegenden Beobachtungen von Tasterfüllungen männlicher Spinnen wurden *nach* vollzogener Kopulation angestellt, da es naturgemäß äußerst schwierig ist, den Zeitpunkt abzapfen, in dem bei einem frischgehäuteten Spinnenmännchen die Notwendigkeit der Tasterfüllung eintritt. Dagegen ist es bei vielen Arten nicht schwer, durch Beobachtung zu erfahren, wie lange nach der Entleerung der Bulbi, ob nach ein- oder mehrmaliger Begattung usw., die Neufüllung der Taster einzutreten pflegt, eine Tatsache, auf die *Montgomery* zuerst aufmerksam gemacht hat.

Ob man nun ein Spinnenmännchen nach geschehener Entleerung der Bulbi mit dem Weibchen in demselben Gefäß zusammenläßt, oder ob man es gänzlich von ihm isoliert ist für die Ausführung der Tasterfüllung gleichgültig. Es besteht mit anderen Worten eine *Unabhängigkeit dieses Aktes von der Anwesenheit eines weiblichen Artgenossen*, und der Trieb, der unter den angegebenen Bedingungen das Männchen zwingt, diesen Vorgang auszuführen, ist anderer Natur als der, der gemeinhin im Tierreich als „*Geschlechtstrieb*“ bezeichnet wird. *Petrunkewitch* betont für *Eurypelma*, daß das Männchen, solange seine Taster nicht gefüllt sind, sich gar nicht um das Weibchen kümmere, nach deren Füllung dagegen unweigerlich auf jedes Weibchen reagiere. Somit besteht bei den männlichen Spinnen eine Trennung des Triebes, der das Männchen zum Weibchen führt, und der als Endziel die Begattung erstrebt (des „*Kontraktionstriebes*“ nach Moll, auch als „*Amplektationstrieb*“ bezeichnet), von einem zweiten, zeitlich in seiner Wirksamkeit ihm vorangehenden Triebe, der sich lediglich als „*Detumeszenztrieb*“, d. h.

²⁾ Bei der zweiten deutschen Uloboride, *Hyptiotes paradoxus* C. L. K., hängt das Männchen während des ganzen Aktes unter dem Gewebe.

als Entleerungstrieb der Keimdrüsen, äußert. Der Kontrektationstrieb wird ausgelöst durch den Zustand der Füllung, in den die Spermatophore der Taster durch das Männchen nach Befriedigung des reinen Detumesenztriebes durch den Akt der eigentlichen Spermaaufnahme versetzt worden sind. Dieser Füllungszustand der Tasterschläuche bedingt im nervösen Apparat der Kopulationsorgane eine Spannung (Turgescenz), die einen dritten Trieb, zur *Deturgescenz*, (eben der Kopulationsorgane) setzt, gleichzeitig verbunden mit dem Trieb zum anderen Geschlecht, also zur Begattung.

Wenn wir somit im allgemeinen bei den Spinnenmännchen eine weitgehende Unabhängigkeit des Vorganges der Spermaaufnahme von dem der Begattung annehmen dürfen, so gibt es trotzdem Fälle, in denen *praktisch* nur die *erste* Füllung der Taster (nach der Reifehäutung) in Abwesenheit des Weibchens erfolgt. Bei den Linyphiiden, einigen Micryphantiden und einer *Theridium*-art wird regelmäßig beobachtet, wie das Männchen innerhalb einer Serie von Begattungshandlungen (häufige abwechselnde Anwendung der beiden Taster, oft durch viele Stunden) zwischendurch das Weibchen verläßt, in größter Eile ein Spermagewebe anfertigt, seine leergewordenen Taster auf neue füllt und sofort zur Fortsetzung der Begattungshandlungen schreitet. So ist hier also der Vorgang der Samenaufnahme eingeschoben zwischen Begattungen, aber die Tatsache, daß die *erste* Füllung unabhängig von der Anwesenheit eines Weibchens vollzogen werden kann, nimmt dieser Erscheinung jede weitertragende theoretische Bedeutung. Aber noch etwas anderes zeigen einige Spinnen gerade dieser Kategorie:

Bei allen anderen Spinnen ist die vom Männchen auszuführende Handlungskette bei der Spermaaufnahme unveränderlich in der Reihenfolge ihrer Glieder, d. h. es folgen die Akte der Spermaabgabe und -aufnahme erst auf den einleitenden Vorgang der Anfertigung des Spermagewebes. Bei *Leptyphantus nebulosus* Sund. und *Labulla thoracica* Reuß unter den Linyphiiden, seltener auch bei der gemeinen Baldachinspinne *Linyphia triangularis* Cl. kann das Männchen ein und dasselbe Gewebe zwei- oder sogar dreimal zur Absetzung je eines Samentropfens benutzen, da hier die Samenaufnahme während einer Begattungsserie wiederholt (bis dreimal) ausgeführt werden kann. Für *Labulla thoracica* liegen die Dinge insofern noch besonders, als hier in zwei Fällen von mir beobachtet wurde, wie das Männchen erst ein Gewebe spann, darauf einen ersten Tropfen ejakulierte und mit den Tastern aufzog, unmittelbar darauf sofort einen zweiten, wobei es, nach Linyphiidenmodus (s. o.), zweimal seine Stellung ändern mußte. Bei *Linyphia triangularis* konnte ich an einem Männchen während einer Begattungsserie zweimal beobachten, wie es ein vorher angefertigtes

und benutztes Spermagewebe jedesmal vor neuem Gebrauch mit einer neuen Gespinstlage überzog, ehe es sein Spermaquantum ejakulierte. Erwähnt sei aber, daß bei *Theridium varians* Bl. sowie den Micryphantiden *Erigone longipalpis* Sund. und *Gongylidium rufipes* L., bei denen die Spermaaufnahme gleichfalls während einer Begattungsserie mehrfach (bei den letztgenannten dreimal, bei *Theridium varians* in zwei Fällen sogar je siebenmal beobachtet) ausgeführt wird, das Männchen vor jeder einzelnen Spermaaufnahme ein neues Gewebe spinnt.

Es ist begreiflich, daß die Samenaufnahme des Männchens gerade bei den Linyphiaarten, den Spinnen, deren Begattung am leichtesten und häufigsten im Freien zu sehen ist, wegen ihrer zeitlichen Stellung innerhalb der Begattungsserie oft geschildert worden ist. Daß aber dies Verhalten durchaus nicht die Regel bildet, geht aus dem oben Gesagten hervor. Vielmehr ist bei den allermeisten Spinnen der Her gang der, daß das Männchen sich nach der (sehr verschieden verlaufenden und besonders verschieden lange Zeit dauernden) Begattung oder in einigen Fällen, nach *derjenigen* Begattung, durch die die Entleerung der Tasterschläuche vollständig geworden war, vom Weibchen trennt und erst nach Ablauf einer für die Species ungefähr konstanten Zeit (durchschnittlich $\frac{1}{2}$ —1, seltener 2 und mehr Stunden) die ersten Zeichen von Unruhe zu erkennen gibt, die der Anfertigung des Spermagewebes vorangehen. *Theridium bimaiculatum* L. ♂ (neue Beobachtung) füllt, unmittelbar nach einmaliger Entleerung beider Tasterschläuche in zwei Abschnitten *einer* Begattung, seine Taster wieder mit Sperma, ist aber zur Ausführung einer neuen Kopulation erst wieder nach Stunden bereit, ganz im Gegensatz zu dem erwähnten *Th. varians*.

Bei anderen Spinnen wiederum, nämlich bei solchen mit sehr kurzdauernder, nicht zur völligen Entleerung der Bulbi führenden Begattung ist es viel schwerer, oft sogar ganz außerordentlich schwierig, den Zeitpunkt der Tasterfüllung abzupassen. Das ist z. B. der Fall bei der häufigsten einheimischen Spinne mit primitiven Kopulationsorganen, der besonders unter Kiefernrinde lebenden *Segestria senoculata* L. Obwohl ich gerade bei dieser Art die Begattung äußerst häufig sah, ist es mir nur einmal gelungen, den Akt der Tasterfüllung, den kennenzulernen ich eifrigst bemüht war, zu beobachten, und zwar infolge einer von außen eintretenden unerwarteten Störung auch nur fragmentarisch. Hier hatte das Männchen einen Spermotropfen auf die Glaswand des Zuchtgefäßes selbst, *nicht auf ein besonderes Gewebe*, abgesetzt; ich konnte noch feststellen, daß das Auftupfen dieses Tropfens mit den beiden Tastern abwechselnd geschieht (s. o. S. 850), dann wurde das Tier durch ein zweites Männchen von seinem Ort verdrängt, und unterbrach die Handlung. Ich weiß nicht, wieweit ich diese eine Beobachtung in ihrer Deutung

verallgemeinern darf. Sollte sie durch weitere bestätigt werden, so würde hier der erste Fall festzustellen sein, in dem eine männliche Spinne ohne Anfertigung eines Gewebes die Spermaaufnahme vollzöge, und in dem also die gesamte Handlungskette ein Glied weniger aufweisen würde als bei anderen Spinnen.

Die Frage, wie oft im allgemeinen ein Spinnenmännchen seine Taster während seiner kurzen Lebensdauer als reifes Tier mit Sperma füllt, ist mit Sicherheit bisher nur dahin zu beantworten, daß dies in der Mehrzahl der Fälle mehr als zweimal, oft (*Theridium varians*, s. o.) viel häufiger geschieht. Einen seltsamen Ausnahmefall, nämlich den nur einmaligen Füllung, finden wir aber da verwirklicht, wo das Männchen die erste Entleerung beider Tasterschläuche nicht überlebt, oder wenigstens nicht unverstümmelt überlebt. Eine der schönsten einheimischen Spinnen, die schwarzweißgelb gebänderte große Radnetzspinne *Arctope bruennichi* Scop., die in Deutschland im Rheintal und — seltsamerweise — bei Berlin vorkommt, ist ausgezeichnet durch sehr kleine Männchen. Ich habe in diesem Sommer sechsmal die Begattung bei dieser Art beobachten können, einen sehr kurz, wenige Sekunden dauernden Akt, bei dem, wie bei allen Libellen (Verwandten der Kreuzspinne) jedesmal nur ein Taster des Männchens verwendet wird. Sollen beide entleert werden, muß sich das Männchen also zweimal begatten³⁾.

Einem intakten Männchen gelingt, bei völlig friedlichem Verhalten virginaler Weibchen, die Einführung des ersten Tasters leicht. Aber bei der Trennung der Tiere pflegt mindestens ein Bein des Männchens im Besitz des Weibchens zu verbleiben und von ihm eingesponnen und ausgesogen zu werden. Ein derartiges reduziertes Männchen mit sieben Beinen vermag zwar noch die zweite Begattung zu leisten, wird aber während ihrer Dauer vom Weibchen lose umspinnen und nach der Extraktion des Tasters aus der Samentasche eingewickelt und gefressen. Das sah ich zweimal; von vier intakten Männchen verloren drei ein Bein bei der ersten Begattung, das vierte deren drei. Es starb an dieser Verletzung, die es sich bei dem Losreißen aus den Fadenschlingen des Weibchens zugezogen hatte.

Verstümmelt werden bei tropischen riesigen Radspinnen der Gattung *Nephila* die winzigen Männchen (sie sind 14–1500mal kleiner als die Weibchen) bei der Begattung anscheinend sehr regelmäßig, und zwar durch Abreißen des Tasterfortsatzes (Embolus), der in einer Samentasche des Weibchens stecken bleibt. Schon *Berthou* und *Simon* wiesen darauf hin, daß anscheinend alle Weibchen dieser Gattung, wenn sie befruchtet sind, diesen seltsamen, an das Verhalten der Bienen erinnernden Befund zweier abgerissenen männlicher Emboli in beiden Samentaschen aufweisen. Ähnliches ist von *Dahl* bei *Latrodectus*

(der berühmten Malmignatte Südeuropas), von *Strand* bei einer japanischen kleinen Radspinne und endlich von *Berthou* bei einer einheimischen Krabbenspinne beschrieben worden. Es ergibt sich von selbst, daß in diesen Fällen das Männchen nur einmal im Leben seine Taster füllt. Wie bei *Arctope*, so wird auch bei *Nephila* recht unökonomisch mit den Männchen umgegangen, und das Verhalten des *Arctopeweibchens*, das während der Begattung sein Männchen schon mit Fäden fesselt und nachher tötet und frißt, erinnert an die bekannte grausam anmutende ähnliche Tätigkeit der weiblichen Giftschlangentinnen, die schon *Fabres* Entsetzen erregte. Diese Fallgewalttätiger Tötung oder *Canibalisierung* der Männchen durch die Organisation oder durch Handlungen der Weibchen bei und nach der Begattung können aber im ganzen als auf wenige Gruppen beschränkte Ausnahmen gelten, und es bleibt als Regel bestehen, daß die männlichen Spinnen öfterer Tasterfüllung und Begattung fähig sind. Die Füllung der Taster zwischen zwei Begattungshandlungen wird wohl fast allgemein durch die Aufnahme nur eines Samentropfens bewerkstelligt. Von Ausnahmen kenne ich nur das geschilderte Verhalten von *Labulla thoracica*, die von einem Gespinnst zwei Samentropfen hintereinander aufsaugt, sowie das von *Uloborus walckenaerius*, bei dem ich ein Männchen in zwei durch Stunden getrennten Akten, jedesmal unter Anfertigung eines Spermagewebes, ohne dazwischenliegende Begattung seine Taster füllen sah.

Montgomery sagt an einer Stelle, er wundere sich darüber, wie wenig die bisherigen Autoren die beiden verschiedenen Phasen der Sexualtätigkeit der männlichen Spinnen bei der Tasterfüllung und der Begattung. *Monte* selbst rechnet die Begattung nur bei den Arten als „vollständig“ beobachtet, bei denen er auch die Spermaaufnahme der Männchen gesehen hatte. *Graber* betont einmal den masturbatorischen Charakter der Spermaabgabe bei den Spinnen vor der Füllung des Kopulationsorgans im Gegensatz zu der entsprechenden Handlung bei den männlichen Libellen. *Petrunkewitch* stellt das Fehlen jedes Triebes zum anderen Geschlecht bei dem Männchen bis zur vollendeten Tasterfüllung fest. Was bisher nicht beachtet worden zu sein scheint, ist die Tatsache, daß bei den männlichen Spinnen durch den Füllungsreiz der Gonaden mit reifem Sperma lediglich der auf *endogenen*, im Körper des Männchens selbst auftretendem Reiz beruhende *Detumeszenztrieb* ausgelöst wird, während erst die Versorgung des von den Genitalien räumlich so weit entfernten Kopulationsapparates mit Sperma dessen Turgeszenz, also auch einen *Detumeszenztrieb*, hervorruft, wobei gleichzeitig erst die Reaktionsfähigkeit auf den *erogenen*, d. h. vom anderen Geschlecht ausgehenden Reiz auftritt. Wie sehr verschiedene Nervenversorgung des primären Genitalsystems und des Kopulationsapparates, ihre morphologischen

³⁾ Das Material verdanke ich Herrn Oberpräparator Ede am Berliner zoologischen Museum.

so verschiedene Herkunft, ermöglichen diese Gespaltenheit des männlichen Geschlechtstriebes der Spinnen in verschiedene Komponenten, die wir bei anderen Tieren mit akzessorischen männlichen Begattungsorganen nicht in diesem Maße getrennt, bei der großen Mehrzahl der sonstigen Tiere, bei denen Begattungen vorkommen, aber vereinigt zu sehen gewohnt sind. Über die *phylogenetische Entstehung* der Samenaufnahme und Begattung bei den Spinnen lassen sich nur Vermutungen auf vergleichender biologischer und morphologischer Basis aussprechen; von Interesse erscheint es, daß selbst bei Spinnen, die sonst keine Gewebe verfertigen, die Spinnfähigkeit, wie vom Weibchen für die Anfertigung der Eihülle, so vom Männchen zu der des Spermagewebes, also in beiden Fällen zu sexuellen Zwecken, benutzt wird. Die *morphologische* Tatsache des Fehlens primärer Begattungsorgane dürfte ursprünglich die Umgestaltung der männlichen Taster zu sekundären bedingt haben, und unter Zuhilfenahme des Spinnvermögens konnte sich der eigenartige Komplex notwendiger Sexualhandlungen entwickeln, wie wir ihn heute bei allen Spinnenmännchen, immer wieder mit berechtigtem Erstaunen, sehen können. Denn wenn irgendwo, so sehen wir hier zur Erreichung des Zieles der

Arterhaltung durchaus nicht den nächstliegenden, geraden und auch sonst im Tierreich hinreichend erprobten Weg der Samenübertragung vom Männchen auf das Weibchen, sondern recht verwickelte Umwege eingeschlagen, deren Notwendigkeit und Zweckgemäßheit einzusehen der menschlichen Erkenntnis recht erhebliche Schwierigkeiten bereitet, und von deren wahren Verständnis wir noch weit entfernt sind.

Hauptsächliche Literatur:

- 1843. Menge, A. Über die Lebensweise der Arachniden. In: Neueste Schriften, Naturf. Ges. Danzig, Vol. 4.
- 1866—1880. Derselbe. Preußische Spinnen. In: Schriften Naturf. Ges. Danzig (N. F.), Vol. 1—4.
- 1903. Montgomery, T. J. Studies of the Habits of Spiders, peculiarly of the mating period. In: Proceed. Acad. Nat. de Philadelphia, Vol. 55, p. 59.
- 1911. Petrunkevitch, A. Sense of sight, courtship and mating in *Dugesiella hentzi* (Giard), a Theraphosoid Spider from Texas. In: Zool. Jahrb., System. Vol. 31.
- 1921. Gerhardt, U. Vergleichende Studien über die Morphologie des männlichen Tasters und die Biologie der Kopulation der Spinnen. In: Arch. f. Naturgesch. J. 87, S. 78.
- 1923. (?) Derselbe. Zwei weitere Abhandlungen über den Gegenstand; ebenda, in Druck gegeben Februar und Oktober 1922.

Von der Wandelbarkeit des Vogelliedes.

Von Fritz Braun, Danzig.

Wir sind daran gewöhnt, daß tierische Eigenschaften sich nur bei den einzelnen Arten unterscheiden, die individuellen Abweichungen dagegen recht gering bleiben. Das schließt zwar nicht aus, daß uns z. B. hinsichtlich der Färbung allerlei Regelwidrigkeiten begegnen, aber diese erscheinen uns als so seltene Ausnahmen, daß ihre Vertreter wie „der weiße Rabe“ sprichwörtliche Bedeutung gerade in dem Sinne erhalten haben.

Mit dem Gesang der Vögel steht es vielfach wesentlich anders. Wir denken hier nicht an die Tatsache, daß die Lieder derselben Art in verschiedenen Gauen merklich abweichen, so daß man von Vogeldialekten reden durfte. Das ist so auffällig nicht; zeigen doch manche Arten hinsichtlich der Färbung ähnliche Unterschiede, so daß man Vögel derselben Spezies, die aus Ostpreußen und aus Westfalen oder Holland stammen, mitunter beinahe auf den ersten Blick zu unterscheiden vermag. Wir denken vielmehr an die Fähigkeit der meisten Singvögel, alle möglichen Töne der Außenwelt, vor allem aber artverschiedene Vogellaute, mehr oder weniger getreu wiederzugeben. Deshalb bezeichnen die Ornithologen ja einen großen Kreis von Arten geradezu als Spötter, ob sie gleich nur die auffälligsten Erscheinungen dergestalt hervorzuheben pflegten. Es fragt sich nun, ob man sehr übertrieben, wenn man behaupten wollte, daß am Ende allen Sperlingsvögeln die Eigenschaft der

Lautnachahmung verliehen worden sei. Vor anderen taten das namentlich *Hans Stadler* und *Cornel Schmitt*, deren inhaltsreiche Arbeit (Ornithologische Monatsberichte 1915, 170 ff.) wir allen denen, die sich mit ähnlichen Fragen beschäftigen wollen, auf das Angelegentlichste empfehlen können. Jedenfalls dürfen wir getrost behaupten, daß kaum zwei Vögel *völlig* gleich singen. Das ist zwar, da es durchaus kongruente Naturbildungen kaum geben mag, eigentlich selbstverständlich, doch denken wir hier gar nicht bloß an so verschwindend kleine Unterschiede. Man lausche nur einmal im Frühling dem Gesange einer größeren Zahl von Starmännchen (*Sturnus vulgaris*), dann wird man wissen, wohin unsere Worte zielen. Dabei bleibt allerdings zu berücksichtigen, daß die individuellen Abweichungen gerade bei dieser Art weit über dem Durchschnitt liegen.

Wie wandelbar das Vogellied ist, weiß niemand besser als der Tierpfleger, welcher im Laufe von Jahrzehnten Tausende gefangener Vögel genauer kennenlernte. Es versteht sich ja von selber, daß wir von solchen Wahrnehmungen nur mit großer Vorsicht Schlüsse auf das Freileben der betreffenden Arten ziehen dürfen. Trotzdem ver helfen auch sie uns zur Kenntnis tierischer Lebensvorgänge im allerweitesten Sinne, einem geistigen Besitz, den nur Kurzsichtigkeit und Querköpfigkeit für belanglos halten können.

Verglichen mit diesen Änderungen der Vogellieder sind jene der Farben, welche wir bei gefangenen Vögeln beobachten, recht gering. Beschränken sie sich doch in der Hauptsache auf das Verblässen gewisser Schmuckfarben und auf das Ausschalten einiger weniger Farbtöne, wofür wir von jener durch Domestikation hervorgerufenen Wandelbarkeit absehen, die sich erst bei späteren Geschlechtern zeigt und demzufolge in dem Leben der Wildfänge gar keine Rolle spielt.

Neben mir steht ein Wellensittich (*Psittacus undulatus*), den ich wegen einer leichten Indisposition ins Wohnzimmer nahm, damit er in dessen wärmerer Luft schneller gesunde. Er zwitschert nun wieder aus Leibeskräften, aber in der Regel ist es nicht das dieser Art eigentümliche Geplauder, sondern ein Kauderwelsch, das sich aus den Liedern und Rufen aller möglichen Finkenvögel zusammensetzt, die vordem mit dem Sittich in demselben Zimmer untergebracht waren. Will ich dagegen das herkömmliche Getöse eines Wellensittichs hören, so muß ich die Türe zu dem Nebenzimmer öffnen. Da gibt es ein zweijähriger Star zum besten. Der Wellensittich lehrte es ihn, ehe ich den Flugkäfig mit Finkenarten in jenes Zimmer brachte. Ist es mir dagegen um die Weise des Grauedelsängers (*Tringilla musica*) zu tun, so muß ich gleichfalls einen Star behelligen, der sie im Winter 1921/22 gelernt hat, als mein uralter Grauedelsänger namentlich in der Morgendämmerung noch sangeslustiger war als heutzutage. Dabei wäre gerade hier vielleicht auch eine Bemerkung allgemeiner Art wohl angebracht. Wir pflegen ganz lakonisch von guten und schlechten Sängern zu reden und sprechen von den schlechten Sängern, wie das der so nahe liegenden vermenschlichten Beurteilung tierischer Verhältnisse entspricht, oft genug im Tone eines gewissen Bedauerns, als ob sie gegenüber den guten Sängern wesentlich benachteiligt wären. Da verdient nun betont zu werden, daß recht häufig geringe Sänger viel kunstvollere Weisen trefflich nachahmen lernen. Trifft das nicht schon für meinen Star zu, der das leichenartig schmetternde Lied des Grauedelsängers täuschend genau wiedergibt? Unser Gimpel (*Pyrrhula pyrrhula europaea*), dessen Naturlied durch so garstige Quetschtöne entstellt wird, vermag sich trotzdem lange Reihen der lieblichsten Flöten-töne anzueignen. Wie ärmlich und blechern klingt nicht der Gesang des Erlenzeisigs (*Chrysomitris spinus*), wenn wir ihn mit dem Liede des Rothänflings (*Acanthis cannabina*) vergleichen! Und doch vermag der bescheidene Zwitscherer dies so viel anspruchsvollere Lied vollkommen zu meistern. In Konstantinopel wurde ich einst immer wieder durch die rauhen Flötenstrophen des Rothänflings ergötzt. Sie tönten von dem Fensterbrett eines Nachbarhauses zu mir herüber, wo laubreiche Schmuckpflanzen einen winzigen Holzkäfig beschatteten. Ich erstaunte nicht

wenig, als ich im Gespräch mit dem Nachbarn dessen fleißigen Hänfling lobte, und nun erfuhr, es sei nur ein Zeisig, der allerdings Jahr und Tag mit einem inzwischen verstorbenen Rothänfling zusammengelebt habe.

Wir vergessen auch bei diesen Dingen leicht, daß den einzelnen Arten nicht mit jener Vollkommenheit des Liedes gedient wäre, an die ein theoretisch urteilender Kunstrichter denkt, sondern mit solchen Weisen, welche ihren übrigen Lebensverrichtungen, der Eigenart ihres ganzen Lebensraumes u. a. d. m. aufs beste entsprechen. Im Freileben würde der Hänflingsgesang für den Zeisig sicherlich keinen Fortschritt, sondern eine schädliche Regelwidrigkeit bedeuten.

Umgekehrt dürfen wir auch nicht glauben, daß unsere besten Sänger beim Nachahmen der Weisen geringerer Musikanten diese in jedem Falle adeln und sozusagen in das Reich einer reineren Geistigkeit erheben. Das trifft wohl in einzelnen Fällen, aber durchaus nicht immer zu. So berichtet uns *Stadler* von den Nachtigallen des Salvowaldes bei Genf, ihre Lieder seien geradezu abschreckend gewesen, weil sie fortwährend Strophen anderer Vögel brachten, ohne sie mit ihren eigenen Weisen irgendwie harmonisch zu verschmelzen.

Sehr interessant ist es, die Angaben über die Erscheinung des Spottens in der Literatur zu verfolgen. Noch immer werden uns dort fast alltägliche Einzelbeobachtungen als große Merkwürdigkeit aufgetischt, während schon ein *Stadler* diese Fähigkeit für alle Sperlingsvögel in Anspruch nahm. Die Zahl der Spötter ist auch wirklich so groß, daß es beinahe praktischer ist, solche Arten hervorzuheben, welche sich nicht in dieser Weise betätigen. Da möchte ich nun, meinen Erfahrungen zufolge, zuerst manche Nordländer wie *Acanthis linaria*, *Ac. flavirostris*, *Fringilla montifringilla* und *Emberiza nivalis* nennen, welche mir nie als Spötter auffielen. Vielleicht spielt dabei der Umstand mit, daß ihre Heimat an solchen Tönen, welche diese Tierchen nachahmen könnten, auffällig arm ist. Dem ganz mit Recht heben *Stadler* und *Schmitt* hervor, daß die Spötter eine starke Tonauswahl treffen müssen und jeder Vogel dieser Art ganz bestimmte Laute auffällig bevorzugt, so auffällig, daß wir oft darüber in Zweifel geraten, ob sie nicht einen uranfänglichen Besitz der betreffenden Arten darstellen. Deswegen vermag auch nur ein Vogelkenner solche Angaben wie die *Stadlers* recht zu nützen. Ein anderer wüßte gar nicht, daß beispielsweise die Weise der Rauchschatze (*Hirundo rustica*) ganz anders klingt, je nachdem sie von einem Star, einer Haubenlerche (*Galerida cristata*) oder einem Neuntöter (*Lanius collurio*) wiedergegeben wird. In der Kehle des Stars werden zarte Töne leicht derber und gröber, während Haubenlerche und Neuntöter dem fremden Gut einen ganz eigenen hauchartigen Reiz zu verleihen wissen. Die An-

gabe ein Kleiber (*Sitta caesia*) habe die Flötenstrophen des Rothänflings wiedergegeben, dürften wir a priori lächelnd ablehnen, während diese Weisen einer Haubenlerche durchaus kongenial wären.

Recht selten spotten solche Arten, welche einen ausgeprägten Schlag zum besten geben, d. h. eine stürmisch hervorgesprudelte Reihe gleicher oder wenigstens sehr ähnlicher Töne. Die Wochen, welche der eigentlichen Gesangszeit vorausgehen, pflegen diese Arten weniger zum spielerischen Dichten zu benutzen, sondern mühen sich dann ersichtlich damit ab, den forschenden Rhythmus ihres Schlages herauszubekommen, wobei der Ausdruck „bemühen“ natürlich recht intransitiv, recht unpersönlich zu verstehen ist. Wenn *Stadler* auch von spottenden Buchfinken (*Fringilla monticola*) redet, so ist doch spöttische Begabung gerade bei diesem, sonst so auffälligen Sänger verhältnismäßig selten, und das gleiche gilt auch von den Ammernarten. Eine gewisse Konkordanz zwischen dem Liede von *Emberiza citrinella*, *Em. hortulana* und *Emberiza calandra* dürfte oft mehr auf Atavismus, denn auf Nachahmung zurückzuführen sein. Auch *Stadler* ist es aufgefallen, wie schwer es diesen Arten wird, fremde Bestandteile in ihren Gesang einzuschalten, bringen sie solch fremdes Gut, so geschieht es entweder am Anfang oder am Ende ihres eigenen Liedes.

Daß manche Arten erst in der Gefangenschaft spöttische Begabung zeigen, mag daran liegen, daß sie sich erst dann in dieser Richtung betätigen können, wenn der enge ursächliche Zusammenhang zwischen ihren Bewegungen und Lautäußerungen fortfällt, der ihr Benehmen im Freileben kennzeichnet. Erst wenn dieser fortfällt, ergibt sich für sie die Möglichkeit, freiere Tonreihen zu formen. Erst wenn sie sich in der Gefangenschaft nach Jahr und Tag auf wenige, verhältnismäßig matte Bewegungen beschränken, sind sie physisch in die Lage versetzt, Lautfolgen hervorzubringen, die nicht an einen bestimmten Bewegungsrhythmus gebunden sind. Das mag in manchen Fällen selbst für *Alanda arvensis* gelten. Außerdem besteht bei dem zahmen Käfigvogel jene ausgeglichene Gemütsstimmung, welche eine Vorbedingung für spielerische Betätigung des Gesangstriebes ist, wohl noch viel häufiger als in der Freiheit. Dort mag sie in der Regel auch deshalb nicht zum Spotten führen, weil die Tonwelt der Umgebung ja eben die ist, welcher das artlich sozusagen verhärtete Vogellied entspricht. Jedenfalls dürfen wir die Leichtigkeit der Nachahmung nicht überschätzen. Daß die Vögel oft genug eben gehörte Strophen einer fremden Art mit derselben Strophe beantworten, mag schon zutreffen, doch ist damit durchaus nicht gesagt, daß sie diese Töne zum ersten Mal hörten. Sie mögen dies Spiel schon vor Jahr und Tag betrieben haben.

Vermuthlich ist die Zahl der Spötter niemals

so rasch gewachsen, wie das während des letzten Jahrhunderts in den Kulturländern Mitteleuropas geschehen ist, wo eine große Zahl von Arten durch den Menschen in eine neue Umwelt gedrängt wurde und außerdem manchen Spezies der Erwerb der Nahrung so sehr erleichtert ward, daß sie viel mehr Zeit auf die spielerische Übung des Gesanges verwenden konnten. Daß spielerische Übung des Gesanges schon an und für sich zu seiner Veränderung führen muß, ist durchaus nicht gesagt. Wenn ein Berghänfling an der nordischen Baumgrenze sein Lied übt, dürften dort dieselben Töne an sein Ohr klingen wie vor Jahrtausenden, so daß kaum ein Anstoß kommt, der bildlich gesprochen den Wagen des Gesanges aus dem alten Gleise brächte. Ganz anders liegen dagegen die Dinge etwa bei *Lanius collurio*. Sollte es zufällig sein, daß *Acrocephalus palustris*, dessen Lebensgewohnheiten sich neuerdings so vielfach geändert haben, zu unseren vielseitigsten Spöttern gehört? — Wäre es überflüssig, darauf hinzuweisen, daß möglicherweise gerade diese Verhältnisse daran schuld wurden, daß unser Altmeister *Naumann* die *Species Acrocephalus fruticulus* aufstellte, die sich von *Acr. palustris* eigentlich nur durch den Gesang unterschied? Ob es sich dabei nicht möglicherweise einzig und allein um den Tongegensatz zwischen den Landschaftsformen des Sumpfgeländes und der Fruchtfelder handelte, der diese Spötter mächtig beeinflussen mußte? — Wenn dagegen der Gesang anderer Arten uns nichts von der Veränderung ihrer Umwelt zu erzählen weiß, obgleich sich diese zweifellos vollzogen hat, so mag das hauptsächlich daran liegen, daß die Zeit der spielerischen Gesangesübung für diese Arten so gut wie ganz in die Monate ihres Winteraufenthalts und damit in Erdräume fällt, die solchem Wandel nicht unterworfen waren.

Daß jene Liebhaber, welche ihren Pfleglingen bestimmte Weisen beibringen wollen, so gut wie ausschließlich mit Jungvögeln arbeiten, ist allbekannt. Daraus aber schließen zu wollen, daß nur solche Jungvögel fremde Töne nachahmen, lernen, wäre grundfalsch. Bei jenen Arten, welche als vorzügliche Spötter bekannt sind, besteht diese Fähigkeit mehr oder minder in allen Zeitabschnitten, wo der Gesang spielerisch geübt wird. Daß jene Lehrmeister mit solchen Vögeln nichts rechtes anfangen können, liegt wohl auch daran, daß sie nicht zahm genug sind, als daß sie in jene ausgeglichene, sozusagen gesammelte Stimmung versetzt werden könnten, welche die Voraussetzung für das Gelingen solcher Versuche ist.

Es versteht sich von selbst, daß die Fähigkeit, die Veränderungen der Lautumwelt in ihren Liedern wiederzuspiegeln, für die Singvögel überhaupt förderlich ist. Bestünde sie nicht, so wären die Vögel in einer heraklitischen Welt des Werdens gerade in diesen wichtigen Dingen zu einer

Starrheit verurteilt, die ihnen leicht verhängnisvoll werden könnte.

Mitunter wundert sich der Pfleger nicht wenig über das Tongedächtnis seiner Vögel, wenn er wahrnimmt, daß Tongebilde, die der Vogel gehört hat, sozusagen wochenlang unter die Bewußtseinschwelle sinken, ehe sie die Stimmbänder zum erstenmal in Schwingungen versetzen. Selbstverständlich ist dies Gedächtnis individuell verschieden. Manche Spötter vergessen während der Mauser den größten Teil des fremden Gefües, andere wieder hülten es Jahr aus Jahr ein unverlierbar fest. Am höchsten stehen in dieser Hinsicht allerdings die Papageien. Von einem meiner Kakadus (*Psittacus gymnotus*), der sich schon rund zehn Jahre in meinem Besitz befindet, höre ich noch jetzt dann und wann solche Laute zum

ersten Male, die er wo anders gelernt haben muß. Der bekannte Tierpsychologe Zill kam einst auf den Gedanken, die Geschöpfe in Augen- und Nasentiere einzuteilen. Bis zu einem gewissen Grade könnten wir die hier behandelten Vögel getrost als Ohrentiere bezeichnen, weil die Gehörempfindungen in ihrem Leben eine große Rolle spielen.

Ganz von selbst kamen wir hier wiederholt auf die Nachahmungsgabe der Papageien zu sprechen. Daß wir es bei ihr mit einer ähnlichen Erscheinung zu tun haben wie bei dem Spotten der Singvögel, ist selbstverständlich. Um dieselben Vorgänge handelt es sich aber doch nicht, denn das wechselnde Getöse der Papageien hat im Leben dieser Vögel ganz andere Aufgaben zu lösen als das Vogellied im Leben der Passerinen.

Besprechungen.

Thorndike, L., *History of magic and experimental science*. New York, The MacMillan Company, 1923. Bd. 1, 835 S.; Bd. 2, 1036 S., 14. 22 cm.

Mit außerordentlicher Sachkenntnis und Gründlichkeit behandelt dieses umfangreiche Werk ein Gebiet, das bisher noch niemals eine derart erschöpfende und vielseitige Darstellung gefunden hatte, nämlich die Geschichte der Magie und ihrer praktischen Auswirkungen während der ersten dreizehn Jahrhunderte unserer Zeitrechnung. Unter *Magie* ist hierbei die Gesamtheit der sogenannten geheimen (okkulten) Wissenschaften zu verstehen, mögen sie nun Glauben und Aberglauben, Vorurteile und Irrtümer betreffen, die mit Geisterberufen und Divination zusammenhängen, mit übernatürlichen und Wandererscheinungen, mit Astrologie und Alchemie usw.; unter der *Ausübung* aber nicht sowohl eigentliches „experimentieren“, d. h. das Anstellen von Versuchen, als das mit diesen oft gleichgestellte „experiri“, d. h. das an der Hand der Empirie erfolgende Sammeln von Beobachtungen und Erfahrungen, seien es nun eigene teils wirkliche, teils vermeintliche oder auf bloßer Überlieferung der „Autoritäten“ beruhende¹⁾.

Der unter den gegenwärtigen Verhältnissen verfügbare Raum gestattet leider nicht, Anlage und Aufbau des Buches ausführlich so zu würdigen, wie es seinen Verlienensten entspräche, ja auch nur Überschriften und Inhalte der einzelnen Abschnitte vollständig aufzuzählen, vielmehr müssen einige wenige und dürftige Hinweise genügen. Bd. 1 knüpft an das ausgehende Altertum an, hauptsächlich an die bei *Plinius*, *Galenos* und deren Zeitgenossen erhaltenen Nachrichten; über die Neuplatoniker und Gnostiker, die kanonischen und apokryphen Schriften des frühen Christentums, die Kirchenväter und Apologetiker, die Vertreter der „Pseudoliteratur“ und der nachklassischen Medizin, die Astrologen und Alchemisten usw., führt er dann zu den Arabern, zu den frühmittelalterlichen Ärzten, zu den kunstgewerblichen Autoren, zu den Verfassern der sogenannten Steinbücher usw. Im Bd. 2 treten hierauf die großen Gestalten der eigentlichen mittelalterlichen Gelehrsamkeit hervor, u. a. *Adelhard von Bath*, *Bartholomaeus Anglicus*, *Michael Scot*, *Cantimpré*, *Vincentius Bellocacensis*, *Albertus*

Magnus, *Thomas von Aquino*, *Robert Bacon*, *Albertus von Abano*, *Arnold von Villanova*, *Paulus Bonaiuti*, *Cecco d'Ascoli*, und erweisen sich als die Träger der Fortbildung jener alten und der aus ihnen entsprossenen neueren Anschauungen, bis die ganze Entwicklung in der Zeit um 1300 zu einem gewissen Abschlusse gelangt und Ideen zum Teil ganz anderer Art das Feld gewinnen.

Auf die Einzelheiten einzugehen, ist an dieser Stelle ausgeschlossen; hat doch Verfasser fast zwanzig Jahre hindurch den Stoff gesammelt und gestaltet und nicht nur eine Unzahl von Büchern und Inkunabeln durchstudiert, sondern auch noch viele Handschriften in zahlreichen europäischen Bibliotheken eingesehen und verglichen, um so zu einem unabhängigen und nicht voreingenommenen Urteile zu gelangen²⁾. Zwar sind nicht alle *Magica* und ihre sämtlichen Zweige gleichmäßig berücksichtigt, in geringem Maße z. B. die byzantinische und islamische³⁾ sowie jene der Traumbücher⁴⁾, denn selbst *Artemidoros* wird nur an späterer Stelle und vorübergehend erwähnt⁵⁾, aber schon das Gebotene ist von erstaunlicher und kaum zu übertreffender Reichhaltigkeit, durchwegs mit eingehenden Nachweisen von Quellen belegt und auf unzählige Zitate gestützt, die genau überprüft sind und sich in allen Sprachen als gleich zuverlässig und korrekt bewähren. Dies gilt insbesondere auch betreffs der deutschen Auführungen, wie denn überhaupt die deutschen Quellen verschiedentlich mit größter Gründlichkeit herangezogen sind, z. B. betreffs des *Herbarius Moeris* oder der *heiligen Hildegard*⁶⁾. Da Verfasser allort ein scharfes und maßvolles Kritik- und wie gerecht und unparteiisch urteilt, auch da, wo er die herkömmliche Verherrlichung englischer Apparate sehr erheblich einzuschränken hat, z. B. bei *Beda Venerabilis* oder *R. Bacon*⁷⁾, so mag man überzeugt sein, daß einige vereinzelte Stellen unmöglich übersehen können, die deutsche Wissenschaft herabzusetzen, u. a. jene

¹⁾ Vorr. 9.

²⁾ Vorr. 11.

³⁾ Vgl. I, 509.

⁴⁾ 2, 290.

⁵⁾ Vgl. I, 480.

⁶⁾ I, 631; 2, 125.

⁷⁾ I, 634; 2, 617.

¹⁾ 2, 738.

²⁾ I, 627; 2, 546, 730, 732.

die die englische Gelehrsamkeit einer übermäßigen Berücksichtigung der deutschen zeilt, oder jene, die sich über die Fülle gelehrter Anmerkungen in deutschen Zeitschriften ein wenig lustig macht¹⁰⁾.

Was die Beziehungen zu den Naturwissenschaften anbelangt, so trug ihnen Verfasser in so weitgehender Weise Rechnung, als man von seinem, doch wesentlich kulturgeschichtlichen Werke nur irgend erwarten darf. Verhältnismäßig ferner scheinen ihm Chemie und Alchemie zu liegen; Entstehung und Entwicklung der letzteren berührt er nur in allgemeinen Zügen und steht dabei noch allzusehr im Banne *Berthelots*, obwohl ihm die Schwächen von dessen „anspruchsvollen“ Werken, die Einseitigkeit in der Quellenbenutzung, die mangelnde Gründlichkeit vieler Urteile usw. nicht verborgen blieben¹¹⁾. Die „Alchemie“ des Referenten scheint er nicht eingehend zu kennen — was auch gar nicht von ihm zu verlangen ist —, sonst könnte er ihm nicht vorhalten, er habe sie wesentlich auf *Berthelot* gegründet, aber kleinliche Vorwände zu dessen Herabsetzung gesucht und Schriften nicht berücksichtigt, die während des Krieges in England und Amerika erschienen¹²⁾. Zumeist ist es wohl nur aus allzugroßem Vertrauen auf *Berthelot* zu erklären (das auch einen Meister wie *Diels* zuweilen irreführte!), daß Verfasser u. a. noch an alchemistische Versuche des Kaisers *Caligula* glaubt¹³⁾, das Eingreifen *Diokletians* verwirft¹⁴⁾, den Bischof *Synesius* mit dem Alchemisten identifiziert¹⁵⁾, den Namen der Bronze von *Brundisium* ableitet¹⁶⁾, den Alkohol für eine arabische Erfindung hält¹⁷⁾, Kenntnis des griechischen Feuers bei *Apollonius von Tyana* (2. Jahrh.) als möglich annimmt¹⁸⁾, die Schwefel-Quecksilber-Theorie dem *Avicenna* zuschreibt¹⁹⁾, die Lehren vom Vorhandensein aller vier Elemente in jeder Substanz und von der Unzerstörbarkeit der Materie dem *Adelhard von Bath*²⁰⁾, daß er *Berthelot* für den Entdecker der wahren arabischen Manuskripte des *Geber* erklärt²¹⁾, den Beweis für nötig hält, *R. Bacon* könne nicht das Schießpulver erfunden haben²²⁾ u. dgl. Indes sind und bleiben dies Einzelheiten, die zwar der Berichtigung bedürfen, aber keine Bedeutung für das große Ganze besitzen. Diesem kommt unter allen Umständen hoher, bisher einzig dastehender Wert zu, und die Riesenarbeit, die in ihm vorliegt, wird voll sicherlich nur der zu würdigen vermögen, der schon selbst, wenn auch auf engerem Gebiete, Ähnliches versucht hat; Umfang und Inhalt des Werkes, Beschaffung, Durchdringung, kritisch-gewissenhafte Verwertung und Gestaltung des Materials werden sicherlich jeden Leser mit Bewunderung erfüllen.

Druck und Ausstattung sind glänzend; die Übersichtlichkeit der Anordnung, die fortlaufenden Inhaltsangaben sowie die sehr ausführlichen und genauen Sach-, Namen- und Handschriftenregister verdienen noch ganz besonderes Lob.

Edmund O. von Lippmann, Halle a. S.

¹⁰⁾ 1, 684; 2, 980.

¹¹⁾ 2, 217 u. 785; 2, 724.

¹²⁾ 1, 195; 2, 215.

¹³⁾ 1, 193.

¹⁴⁾ 1, 194.

¹⁵⁾ 1, 321; vgl. 1, 540 u. 544.

¹⁶⁾ 1, 764.

¹⁷⁾ 1, 468; vgl. 1, 765, u. 2, 760.

¹⁸⁾ 1, 257.

¹⁹⁾ 2, 568.

²⁰⁾ 2, 34 u. 36.

²¹⁾ 2, 27.

²²⁾ 2, 688.

Leiter, F., und A. Hay, Leitfaden zur Behandlung und Bewertung von Kystoskopen und deren Optik. Mit einem Geleitwort von V. Blum. Leipzig und Wien, Fr. Deuticke, 1923. VII, 39 S. u. 22 Abb. 8°. Verlags-Nr. 2846. Preis Gz. 2.

Die vielen, in mechanischen Anstalten einlaufenden Beschwerden über kostspielige Wiederinstandsetzungen tadelfrei abgesandter Kystoskope haben die Leitung der Leiterischen Werkstätte zu Wien veranlaßt, einen kurzen Abriß über die optischen Eigenschaften des Kystoskops abzufassen und ihn den Blasenärzten anzubieten.

Die kleine Schrift ist *Max Nitze*, *Leopold von Dittel*, *Anton von Frisch*, *Otto Zuckerkanal*, *Josef Leiter*, *Louis Bénéche* gewidmet, d. h. dem Entdecker der Geräte zur Blasenbeschauung und dem Begründer der Kystoskopie, drei Wiener Urologen, die an der Ausbildung der Kystoskopie wesentlichen Anteil haben, und am Schluß zwei um die Ausbildung der Blasenrohre bemühten Instrumentenmachern. Dieses Vorgehen, womit sich das *Nitze*s Verdienste anerkennende Wiener Haus selber geehrt hat, berührt den Kenner um so angenehmer, als vor einem Dritteljahrhundert *Maximilian Nitze* und *Josef Leiter* in höchstem Unfrieden geschieden waren.

Aber auch abgesehen von einer unser Gefühl für schuldige Ehrerbietung erfinden beruhigenden Haltung kann man dem Verlage, den Verfassern und ihren Freunden nur Erfolg bei ihrem Vorgehen wünschen. Sie unternehmen keine geringere Aufgabe, als ihren Lesern in kurzer Darlegung den Hauptinhalt der neuzeitigen Lehre von den optischen Eigenschaften des Kystoskops zu vermitteln, wie sie die wissenschaftliche Welt heutzutage den rastlosen Bemühungen Herrn *O. Ringlebs* in Berlin verdankt, denn man darf nicht vergessen, daß der Berichterstatter (dessen Schriften über das Kystoskop die Verfasser neben anderen billigend anführen) erst durch die Anregung des genannten Facharztes zu seiner Bemannung dieses Gebietes angeregt worden ist, ohne stetige Beratung durch einen wahrhaft sachkundigen Benutzer kann ein die Lehren der Optik wohl beherrschender Theoretiker keinerlei Anweisungen geben, die den ausübenden Arzt zu fördern vermöchten.

Das Büchlein zerfällt in zwei Teile, deren erster die hauptsächlichsten Ausstellungen behandelt, die an den Lampen, dem optischen Rohr der allgemeinen Kystoskope und an den Führungswegen der doppelten Urethrenkystoskope vorkommen¹⁾. Ein kurzer Abschnitt über verschiedene Möglichkeiten, die Geräte zu entkeimen, und über Gleitmittel schließt diesen Teil ab. — Der zweite (15—39) enthält die optischen Lehren, gibt ganz kurz den Hauptinhalt der Abbildung im achsennahen Raum und geht dann auf die Strahlenbegrenzung, zunächst auf die Pupillen, ein²⁾. Dem folgt ein Abschnitt über den Strahlengang, wo der von *Ringleb* eingeführten Rohre mit doppelter Umkehrung gebührend gedacht wird, und das Gesichtsfeld des Kystoskops. Hier haben sich die Verfasser große Mühe um die Anschaulichkeit gegeben, und ich möchte es besonders anerkennen, daß sie in den einleuchtenden Zeichnungen

¹⁾ Ich bemerke hier nebenbei, daß sich der französische Instrumentenmacher *Charrière* schrieb.

²⁾ Der Zeichner hat bei Abb. 14 den allgemeinen Punkt *A* unglücklicherweise im „lichten Viereck des Strahlenraums“ angenommen, wo nicht die Blende *Bl*, sondern die Linsenfassung die Öffnung der eingelassenen Bündel beschränkt; zweckmäßig würde dieser Punkt weiter nach links verlegt und vielleicht *O* genannt, damit nicht wie jetzt die (äußere) Ähnlichkeit von *A'* und *A. P.* den Neuling verwirren könne.

gen der Abbildung 18 nicht nur die Vergrößerung in Zahlen, sondern auch die dingseitigen Durchmesser in Millimetern angegeben haben. Vielleicht wäre es empfehlenswert, hier ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß in optisch-strengem Sinne ein vorliegendes Kystoskop dem (am besten mit entspannter Akkommodation hineinschauenden und seine Fernbrille benutzenden) Beobachter nur eine Vergrößerung liefern kann. Die von lichtschwachen Rohren erlaubte sehr merkliche Maßstabsverschiedenheit ist aber nur darum mit deutlichen Bildern verbunden, weil die alten Rohre beim Gebrauch in der Blase eine ungeheure Abbildungstiefe besaßen. Dieser dem beobachtenden Arzt sehr bequeme Umstand hat schon den Meister *Nitze*, besonders aber seine Nachfolger an der Bildung richtiger Vorstellungen gehindert und Herrn *Ringleb* bei seiner Hervorhebung der richtigen Anschauungen anfänglich Angriffen ausgesetzt, die darum nicht an Heftigkeit verloren, weil seine Gegner im Unrecht waren. Auflösungsvermögen und Abbildungstiefe werden ziemlich am Ende behandelt; ich würde dem Leser empfehlen, den letztgenannten Abschnitt gleich hinter den Seiten über die Pupillen zu lesen. Bei den Zusatzbemerkungen zu den Blasaufnahmen würde ich die S. 34 oben bemerkbare Unzufriedenheit nicht teilen: ich finde, daß die *Ringlebschen* Tafeln aus dem Jahre 1913 (man sehe auch diese Zs. 1916, 4, S. 253) an Schärfe und Wiedergabe kleinster Einzelheiten wirklich alles erfüllen, was auch ein anspruchsvoller Beurteiler verlangen kann, und glaube, man sollte dem Arbeitsernst, den photographischen Kenntnissen und der Geschicklichkeit Herrn *Ringlebs* für diese Gabe mehr Ehre zollen, als heute noch geschieht. — Ein ausführlicher und mit sorgfältigem Eingehen auf die Vorstellungswelt der Benutzer geschriebener Absatz über die beiden hauptsächlichsten Ablenkungseinrichtungen, das gewöhnliche Ables- und das (ebenfalls durch *Ringleb* eingeführte) *Amici'sche* Dachprisma, beenden das Büchlein.

Zum Schluß noch eine sprachliche Bemerkung. Da es mir ganz fern liegt, an andere die Ansprüche an Sprachreinheit zu stellen, die ich für meinen eigenen Gebrauch anerkenne, so gehe ich auf diese Seite der kleinen Schrift nicht ein. Dagegen bedauere ich lebhaft, das Wort „die Optik“ in zwei ganz verschiedenen Bedeutungen dort zu finden. Neben der alten, durch die Sprachentwicklung belegten Bedeutung als „Lehre vom Licht“ erscheint es namentlich in den früheren Teilen, so auf S. 8 unter Abb. 6 als „optisches Rohr“, das gerade in ein Katheter eingeführt wird. Soviel ich zu diesem unschönen Gebrauch ermitteln konnte, stammt er aus den Arbeitssälen optischer Werke, wo in lässiger Bequemlichkeit die Glasteile eines Instruments als „Optik“ von seinen Metallteilen, „der Mechanik“, unterschieden werden. Im inneren Dienst dieser Stellen wird man diesen Gebrauch schwerlich bekämpfen können, aber in einem ersten Buch sollte man ihn nicht drucken: ich glaube, daß wir alle einig sind, ähnlich grausame Abkürzungen, etwa die Akustik eines Flügels oder die Ballistik eines Geschützes, nur mit schmerzlich verzogener Miene aufzunehmen, und was diesen Abkömmlingen des Griechischen recht ist, sei der „Optik“ billig.

M. v. Rohr, Jena.

Hevesy, Georg v., und Fritz Paneth, Lehrbuch der Radioaktivität. Leipzig. Johann Ambrosius Barth. 1923. IX, 213 S. und 36 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. 15 × 23 cm. Preis Gz. geh. 5.7; geb. 6.9.

Die Radioaktivität stellte ursprünglich für die meisten Physiker und Chemiker ein zwar interessantes, aber doch sehr spezielles Gebiet dar, dessen

genaue Kenntnis nur für den direkt auf diesem Gebiet arbeitenden Wissenschaftler nötig schien. Dem entsprechend kamen im Laufe der letzten 20 Jahre eine Reihe ausgezeichnete radioaktiver Handbücher heraus, aber kein eigentliches Lehrbuch der Radioaktivität.

Nachdem aber das Rutherford'sche Atommodell, das durch radioaktive Beobachtungen gewonnen worden war, den Anstoß zu der glänzenden Entwicklung der modernen Atomtheorie gegeben hatte und die Bedeutung der radioaktiven Vorgänge für die Vertiefung unserer physikalischen und chemischen Grundbegriffe erkannt worden war, machte sich das Bedürfnis nach einem leicht faßlichen, für Studenten geeigneten Lehrbuch in immer stärkerem Maße geltend. Die Herausgabe eines solchen Werkes ist daher sehr zu begrüßen und besonders dankenswert, wenn sie von seiten so ausgezeichneten Fachwissenschaftler erfolgt, wie es bei dem vorliegenden Lehrbuch der Fall ist.

Die Verfasser haben, wie sie in der Vorrede selbst betonen, durchwegs didaktische Gesichtspunkte in den Vordergrund gestellt und zweckentsprechend die Darstellung des Stoffes losgelöst von der historischen Entwicklung gegeben.

Das Buch ist in 27 Kapitel gegliedert, von denen die ersten sechs die Grunderscheinungen der Radioaktivität und die wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Strahlenarten beschreiben. Das 7. Kapitel bringt in sehr übersichtlicher Form die Grundlagen der modernen Atomtheorie und deren Beziehungen zu den radioaktiven Vorgängen. Die folgenden drei Abschnitte sind der Zerstalltheorie und der auf Grund dieser Theorie ermöglichten Einordnung der radioaktiven Substanzen in die Umwandlungsreihen gewidmet.

Bevor man die Besprechung der einzelnen radioaktiven Elemente erfolgt, werden in einer Reihe von Abschnitten die allgemeinen Grundlagen der Radiochemie, insbesondere der Isotopenbegriff und seine Bedeutung für das periodische System und die Konstitution der Atome entwickelt und die verschiedenen Methoden zur Darstellung langlebiger und kurzlebiger Produkte beschrieben. Die beiden verletzten Kapitel behandeln die Wirkungen der Radiumstrahlen und die Radioaktivität in der Geologie und Geophysik; der letzte Abschnitt gibt eine kurze Übersicht über die historische Entwicklung der radioaktiven Forschung. Die einschlägigen Originalarbeiten sind am Schlusse des Buches nach Kapiteln geordnet angeführt, und zwar nur von 1916 ab, da bis zu diesem Jahr die Literatur vollständig in dem Handbuch von *Meyer* und *Schweidler* zu finden ist.

Das Buch erfüllt seine Aufgabe, Studierende in die Lehre der Radioaktivität einzuführen, in ganz ausgezeichneter Weise. Überall sind die allgemeinen Beziehungen und Gesichtspunkte klar betont und anschaulich dargelegt. Das gilt in ganz besonders hohem Maß von den den chemischen Zusammenhängen und Eigenschaften gewidmeten Abschnitten, die bisher kaum in solcher Vollständigkeit und Übersichtlichkeit dargestellt worden sind und einen besonderen Reiz des Buches bilden.

In den mehr physikalisch orientierten Kapiteln könnte man vielleicht stellenweise etwas größere Ausführlichkeit wünschen. Auch mag es zweifelhaft scheinen, ob es nicht gewisse Schwierigkeiten für den Studierenden mit sich bringt, wenn beispielsweise die Erscheinungen des Sättigungsstromes erörtert werden, bevor die Elektrizitätsleitung in Gasen besprochen wird. Aber im ganzen ist die getroffene

Anordnung des Stoffes eine sehr glückliche und die Anschaulichkeit der Darstellung wird durch zahlreiche gute Abbildungen als wirksamste unterstützt.

Findet so der Studierende in dem Werk einen sicheren Wegweiser in das Gebiet der Radioaktivität, so ist es durch die vollständige Berücksichtigung der neueren Literatur auch für den Fachwissenschaftler ein außerordentlich wertvolles Nachschlagebuch, für das alle auf dem Gebiet Arbeitenden den Verfassern besonderen Dank wissen werden.

Lise Meitner, Berlin-Dahlem.

Kober, L., Bau und Entstehung der Alpen. Berlin, Geb. Bornträger, 1923, 283 S., 102 Fig. und 8 Taf., 17×26 cm, Preis Gz. 15.

Es wird hier der Versuch gemacht, die neuen Erfahrungen über Bau und Entstehung der Alpen zusammenzufassen, und zwar vor allem eine „Synthese“ (wie heute eine Analyse bezeichnet wird) der Alpen auf Grund der modernen Erfahrungen über den Deckenbau zu liefern. Die Zeit dazu ist gut gewählt. Fast 50 Jahre sind verstrichen seit dem Erscheinen des kleinen Buches von *Ed. Suess* über die Entstehung der Alpen, und 20 Jahre, seitdem die Deckentheorie in der geologischen Wissenschaft zum Durchbruch gelangte. Die „Geologie der Schweiz“ von *Alb. Heim* konnte andererseits eben noch in vollem Umfang berücksichtigt werden.

Unter der Bezeichnung „Decke“ (*Arn. Heim* 1905) als Abkürzung von Überaltungsdecke oder Schubdecke verstehen wir eine auf jüngere Formationen überschobene Gebirgsmasse. Währenddem die französischen und schweizerischen Geologen durch neue Spezialuntersuchungen gezwungen, fast allgemein Anhänger der neuen Lehre geworden sind, hat *Kober* für die Ostalpen immer noch gegen eine Schar von Gegnern unter seinen Kollegen zu kämpfen. Der Unterschied der Auffassungen ist teilweise begründet durch die Verschiedenheit der Beobachtungsgebiete. Die Schweiz, als Kern der Alpen, bietet den tiefsten Einblick und zeichnet auch die genauesten Untersuchungen. Hier sieht man gewissermaßen unter die Ostalpen hinein. Mit der Erkenntnis der Hohen Tauern als Äquivalent der penninischen Alpen der Schweiz (Tessin), wie sie von *Termier* 1905 erkannt wurde, ist aber auch im Kern der Ostalpen ein „Fenster“ festgestellt, dessen Rahmen ringsum von älteren, überschobenen Gebirgsmassen, den ostalpinen Decken, gebildet wird. Ringsum schießen die mesozoischen bis tertiären Glimmschiefer (Bündnerschiefer) unter die kristallinen bis triasischen Gesteine. Daß gerade der Verfasser ein energischer Verfechter der Deckenlehre geworden, hängt wohl damit zusammen, daß er seinerzeit als Schüler *V. Uhligs* an einer Spezialuntersuchung der Tauern teilnahm.

Im ersten Abschnitt erläutert *Kober* die „Stellung der Alpen im alpinen Orogen“, d. h. innerhalb der tertiären Faltungszone der Erde. Wie in seinem neuen Werke „Der Bau der Erde“ 1921 vertritt er, mit geschickten schematischen Figuren erläutert, die Auffassung, daß das alpine Gebirgssystem entstanden sei durch gegenseitige Unterschiebung der Kontinental-schollen, wodurch das zwischenliegende „geosynklinale“ Erdrindenstück in nach beiden Seiten überquellenden Falten ausgepreßt wurde. So entsprechen die Alpiden (*Suess*) dem gewaltig nach Norden übergestoßenen, die Dinariden dem nach Süden überschobenen Teil des alpinen Orogen. Gerade die Abgrenzung dieser beiden Gebirgstelle gegeneinander bietet aber seit *Suess* große Schwierigkeiten und Meinungsdivergenzen. Hatte

Termier in kühnem Gedankenflug die alpinen Decken als unter der Last der darüber gestoßenen Dinariden entstanden erklärt, so nimmt *R. Staub* an, daß das höchste alpine Deckengebirge, die oberostalpine Decke selbst, die direkte Fortsetzung der Dinariden nach Norden vorstelle. *Kobers* Auffassung scheint eine Zwischenstellung einzunehmen, indem er nur seine hochostalpine Decke, d. h. die oberste Teildecke des ostalpinen Deckensystems, in die Dinariden fortsetzen läßt.

Mehrere Abschnitte sind der analytischen Beschreibung und tektonischen Gliederung des Alpenkörpers gewidmet, welche durch eine schematische tektonische Karte in 1:1 500 000 veranschaulicht wird. In Übereinstimmung mit den Schweizer Geologen unterscheidet *Kober* drei Deckensysteme, von Norden resp. von unten: 1. das *helvetische*, 2. das *penninische*, 3. das *ostalpine*. Die Westalpen bestehen fast ganz aus 1—2, die Ostalpen fast ganz aus 3. Die Fenster des Unterengadin und der Tauern ausgenommen, wo durch Erosion infolge allgemeiner axialer Deckenaufwölbung das penninische System inselförmig wieder an die Oberfläche tritt. Zwischen diese penninischen Decken und die ostalpine aber schiebt sich noch die verzweigte und stellenweise verquetschte *Tauerndecke* ein, die nach *Kober* den unterostalpinen oder romanischen Decken und „Klippen“ der Schweiz entspricht.

Niemand war besser in der Lage, heute eine Übersicht der ostalpinen Deckengliederung zu geben als gerade *Kober*, dessen eigene vielseitige Untersuchungen in den Ostalpen die Grundlage zu seiner Darstellung boten. Daß aber eine solche nicht fehlerfrei sein kann, das ist jedem Forscher selbstverständlich. Oft hat man auch den Eindruck, das Buch sei allzurasch entstanden und der Wortlaut nicht immer einwandfrei. Zu den vielen schematischen Textprofilen oder „Bauformeln“ vermißt man meistens den Maßstab. Die Profile von *Schardt* nach *Renvier* S. 44 et seq. könnten durch neuere von *Lugeon* ersetzt werden. Kein Schweizer Geologe wird wohl heute mit den Argumenten *Kobers* einig gehen, der die Dent-Blanche-Margna-Decke als Ostalpin mit dem Prättigauflisch (nach *K.* fortsetzend in der inneren Klippenzone der Karpathen) als ostalpine Decke nimmt, wie dies früher *C. Schmidt* getan. Die Schlußkapitel über die Deckenbildung bieten, wie der Verfasser anerkennt, noch manche Rätsel. Die „jüngeren Deformationen“ oder die epirogenetischen Bewegungen könnten wohl an Hand der bestehenden Literatur gründlicher ausgearbeitet werden. Das Problem der Gosaubildungen (obercretacische Transgression mit Basiskonglomerat), welches manche Geologen als der Deckenlehre unüberbrückbar entgegenstehend betrachten, ist noch nicht befriedigend abgeklärt. Hier werden wohl weitere Untersuchungen Klarheit schaffen. Mit Spannung erwartet man daher zwei im Druck stehende Kartenwerke: eine tektonische Karte Eurasiens von *E. Argand* (Brüssel) und eine tektonische Karte mit Profilserie 1:1 000 000 der Alpen von *R. Staub* (Beiträge), welche das wertvolle Buch *Kobers* ergänzen werden.

Arnold Heim, Zürich.

Bischof, Carl †, Die feuerfesten Tone und Rohstoffe sowie deren Verwendung in der Industrie feuerfester Erzeugnisse. Vierte Auflage, neu verfaßt und bearbeitet von *K. Jacob* und *E. Weber*. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1923. IV, 266 S. und 114 Abbildungen mit einem Fabrikplan. Preis Gz. geh. 9; geb. 10,5.

Von jeher gehört zu den grundlegenden Handbüchern der deutschen Keramik auch das Bischof-

sche Werk, dessen dritte Auflage 1904 erschienen und schon 1914 nahezu vergriffen war, so daß die nunmehrige Neuauflage nach dem Kriege allgemein willkommen sein dürfte. Sie ist verbunden mit einer gründlichen Um- und Neugestaltung, für die der Verlag zwei als erfolgreiche Keramiker bekannte Fachmänner gefunden hat. Das „Chemische Laboratorium für Tonindustrie Prof. Dr. H. Seger und E. Cramer“, Berlin, hat bei Abfassung der neuen Auflage gleichfalls mitgewirkt. Um den reichhaltigen Stoff besser bewältigen zu können, ist er in zwei Hauptteile zerlegt worden, einen vorwiegend praktischen und einen theoretischen Teil. Ersterer liegt nunmehr als vierte Auflage des „Bischoff“ vor, während nach den Ausführungen im Vorworte des Buches mit einer Herausgabe des theoretischen Teiles noch nicht gerechnet werden kann.

Über den Inhalt des Buches sei kurz folgendes mitgeteilt: Abschnitt I gibt einen allgemeinen Überblick über die feuerfesten Rohstoffe und ihre Verwendung, das Verwendungsgebiet der feuerfesten Erzeugnisse und damit zugleich einen Einblick in die Bedeutung der „feuerfesten Industrie“ für das Wirtschaftsleben. Die letzteren Ausführungen entsprechen im großen und ganzen denen des Mitverfassers Jacob über den gleichen Gegenstand an anderer Stelle (Tonindustriezeitung 1922, S. 927 ff.). Abschnitt II behandelt Vorkommen, Eigenschaften, Bildungsweise, in- und ausländische Fundorte der Tone und Kaoline, sowie ihre Gewinnung. In Abschnitt III werden die Vorbereitung des Tones und der magernden Versatzmittel für die spätere Verarbeitung, d. h. das Schlämmen, Auswintern, Trocknen, Sumpfen usw. des Tones und die Aufbereitung von Schamotte, Quarz und Sand sowie die Zerkleinerungs- und Siebvorrichtungen nebst den erforderlichen Entstaubungsanlagen an Hand neuzeitlicher Abbildungen besprochen. Abschnitt IV beschreibt ausführlich die Zusammensetzung und Zubereitung der rohen Massen, worauf in einem besonderen Unterabschnitt das Webersche Schamottegießverfahren für Glashäfen, Gasretorten, Zinkmuffeln u. dgl. nach der theoretischen und praktischen Seite von seinem Erfinder erörtert wird. Abschnitt V bringt eingehende Angaben über die Einteilung und Herstellung der einzelnen feuerfesten Erzeugnisse, die in drei Hauptabteilungen gegliedert werden (Vollware, Hohlware, Erzeugnisse aus besonderen Stoffen). Hierbei folgen der Reihe nach Schamottesteine, hochkieselsäurehaltige Steine, große Werkstücke, säurefeste Erzeugnisse, Schmelztegel, Glashäfen, Zinkdestilliergefäße, Gasretorten, Kapseln, Muffeln usw., woran sich die Erzeugnisse aus Kohlenstoff, Bauxit, Magnesit, Chromit, Korund, Karborundum und Zirkonoxyd anschließen. Anhangsweise werden noch Mitteilungen über feuerfeste Mörtel, Kitten und Überzüge gemacht. Der letzte Abschnitt VI bespricht die an feuerfeste Erzeugnisse zu stellenden Anforderungen. Den Abschluß des Buches bilden ein alphabetisches Stichwörterverzeichnis und ein Verzeichnis der Literaturangaben, die im übrigen unmittelbar hinter jedem Hauptabschnitt in reichem Maße zusammengestellt sind.

Durch die schon oben erwähnte Behandlung des Stoffes nach vorwiegend praktischen Gesichtspunkten wird es erklärlich, daß in dem Buche die eigentlichen Grundlagen für die Verwendbarkeit feuerfester Rohstoffe, nämlich ihre analytische Zusammensetzung, ihre Schmelztemperatur und deren Bestimmung, Feuerfestigkeitsprüfungen u. ä. nicht systematisch beschrieben sind, da ihre Besprechung vielmehr wahrscheinlich dem für später in Aussicht gestellten theoretischen Teile vorbehalten bleiben soll. Obwohl die feuerfesten Erzeugnisse fast ausschließlich zu den grobkeramischen

gehören, mußte doch bei der Vielseitigkeit des Inhaltes auch das feinkeramische Gebiet mehrfach berührt werden. Hierbei sind zwar verschiedene Sonderverfahren und -massen angeführt, doch fehlen Angaben über feuerfeste Pyrometerrohre, die gewiß Interesse gefunden hätten. Den auf S. 22 erwähnten von Mellor für die chemische Verbindung $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$ vorgeschlagenen Begriff „Clajit“ bezeichnet G. Koppeler (Ber. d. Dtsch. Keram. Ges. 1922, 3. Bd., S. 261) für überflüssig, solange nicht ausdrücklich nachgewiesen ist, daß die feinsten Teilchen der kolloiden Tone amorphem Zustand besitzen. Zu den Angaben auf S. 23 über Rehydratisationsversuche mit entwässertem Tone ist nachzutragen, daß es Laird und Geller (Journ. Amer. Ceram. Soc. 1919, S. 828) bei manchen Tönen gelang, ihnen durch 3—48stündiges Erhitzen im Autoklaven bis auf 200—270° C weit mehr als 4% Wasser wieder einzuverleiben, falls die vorherige Entwässerungstemperatur 600—700° C nicht überstiegen hatte, und daß das rehydratisierte Material im allgemeinen plastisch war und kolloidal erschien. Der Druckfehler

$p = 1 + \frac{1}{100}$ anstatt $1 + \frac{k}{100}$ bei der Wertberechnung eines Tonlagers (S. 67) sei nur nebenbei erwähnt. Bei den im übrigen vorzüglichen Ausführungen über „künstliches Trocknen“ von feuerfesten Erzeugnissen wäre vielleicht auch ein kurzer Hinweis auf das in den Vereinigten Staaten von Nordamerika aufgekommene „humidity drying system“ am Platze gewesen, das sicherlich auch für unsere deutsche Industrie von Interesse ist. Zu dem Abschnitt über Muffeln (S. 222) sei bemerkt, daß zum Bau großer Muffeln besonders auch der sog. Scharffeuermuffel, in verschiedenen Fabriken nicht kachelartige Platten, sondern Hohlsteine verwendet werden, die in ihrem Innern den Flammengasen den Durchzug gestatten. Bei solchen Muffeln sind es vor allem die ihnen als Unterlage dienenden Schamotteträger, die aus recht haltbarem Material bestehen müssen, das sowohl gegen den Anprall der Flammen als die verschlackenden Einwirkungen der Flugasche und der Ascheschlammprote trotz der auf ihnen ruhenden Muffellast widerstandsfähig ist. Die Literaturübersicht über Herstellung von Magnesitsteinen (S. 241) kann durch eine neuere Veröffentlichung von W. J. Rees (Transact. Engl. Ceram. Soc. XXI [1921/22], P. I, S. 69) ergänzt werden. Schließlich sei bei den feuerfesten Mörteln (S. 247) noch der zum Abdichten der Schamottekapseln benutzten Wurst- und Rollentone gedacht, eines an sich zwar untergeordneten, aber zur Verhütung von Brennfehlern doch vielfach unentbehrlichen Materials.

Die zuletzt gemachten Bemerkungen sollen Winke für eine spätere Neuauflage des Buches sein. Im übrigen ist als zusammenfassendes Urteil dieser Besprechung festzustellen, daß die Absicht der Verfasser, „im jetzt vorliegenden Teile ein möglichst geschlossenes Bild für die Industrie feuerfester Erzeugnisse zu entwerfen“, recht wohl gelungen ist. Das Buch bietet infolge seines vielseitigen Inhaltes und seiner sachkundigen, von der praktischen Erfahrung der Verfasser getragenen Ausführungen nicht nur dem Techniker Belehrung und Anregung, sondern wird auch für den Wissenschaftler dadurch wertvoll, daß es ihm Gelegenheit gibt, sich in Muße Aufklärung über die in der Jetztzeit üblichen Verfahren der Praxis zu verschaffen.

W. Funk, Meissen.

Nernst, W., und A. Schoenflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung mit besonderer Berücksichtigung der

Chémie. 10., vermehrte und verbesserte Auflage. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1923. XII, 502 S. und 113 Abb. 16 × 24 cm. Preis Gz. geh. 10; geb. 12.

An drei Stellen hat die neu erscheinende Auflage sachliche Erweiterungen erfahren. Sie betreffen den neuen Wärmesatz (N), die Grundlagen des Relativitätsprinzips (Sch) und die Theorie der Kristallgitter (Sch). Auch sonst sind an einzelnen Stellen Zusätze und vereinfachende Verbesserungen vorgenommen worden.

Vorwort.

Gróh, Julius, Kurzes Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Übersetzt von *Paul Hári*. VIII, 278 S. mit 69 Fig. Berlin, Julius Springer, 1923. 16,5 × 24 cm. Preis Gz. geb. 8.

Der Eindruck, den ich beim Lesen dieses Buches gewonnen habe, läßt sich am besten wiedergeben durch die Worte: erfrischend unmodern. Wirklich ist es eine Freude, feststellen zu können, daß der mit den jüngsten Forschungen wohl vertraute Verfasser es aus didaktischen Gründen vermieden hat, seinen Stoff mit dem Neuesten und Allerneuesten aufzuputzen; denn dies Buch ist für den Anfänger bestimmt. Sein Inhalt entspricht ungefähr dem, was in den guten kleineren Lehrbüchern der anorganischen Experimentalchemie an allgemeiner und physikalischer Chemie geboten zu werden pflegt. Die Anordnung des Stoffes ergibt sich aus den folgenden Kapitelüberschriften: 1. Physikalische Grundbegriffe (3—13); 2. Gesetze der chemischen Zusammensetzung und der chemischen Umwandlungen (13—63); 3. Thermochemie (64—78); 4. Elektrochemie (78—129); 5. Chemische Mechanik (Gleichgewichte und Reaktionsgeschwindigkeiten; 129—183); 6. Der kolloide Zustand (184—197); 7. Photochemie (197—199); 8. Radioaktivität (200—231). In einem Anhang werden „die wichtigsten der im chemischen Laboratorium angewandten physikalischen Untersuchungs- und Bestimmungsmethoden“ (232—268) behandelt.

Durch Beschränkung auf die allerwichtigsten Erscheinungen und Gesetze konnte eine sehr klare und durchsichtige Darstellung erreicht werden; durch Erläuterung der allgemeinen Sätze an Beispielen und durch die den einzelnen Abschnitten beigefügten Aufgaben ist dafür gesorgt, daß der Lernende prüfen kann, ob er das Vorgetragene auch wirklich verstanden hat. — In dem Bestreben, nur das Wichtigste auszuwählen, ist der Verfasser allerdings nach meiner Ansicht mehrfach etwas zu streng verfahren; so dürften z. B. der zweite Hauptsatz und die Phasenregel nicht fehlen, auch die Photochemie könnte etwas mehr Vertiefung

vertragen. Hervorgehoben sei die gegenüber den anderen Teilen etwas breitere und wirklich ausgezeichnete Bearbeitung der Kolloidchemie und der Radioaktivität, die mit einer knappen, aber aufschlußreichen Darstellung der Ergebnisse der neuesten Atomphysik abschließt. Zur ersten Einführung in die Lehren der allgemeinen und physikalischen Chemie sowie zu Wiederholungen im Anschluß an die Experimentalvorlesung ist das Werk ohne Zweifel sehr geeignet. Die Gewandtheit des Übersetzers *P. Hári* läßt — von einigen Kleinigkeiten abgesehen — durchaus vergessen, daß dies Buch ursprünglich nicht in deutscher Sprache geschrieben wurde. *I. Koppel, Berlin-Pankow.*

Schwarz, Robert, Feuerfeste und hochfeuerfeste Stoffe. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn A.-G., 1922. IV, 52 S. und 10 Abbild. 14 × 21 cm. Preis Gz. 2.

Auf das vor kurzem in zweiter vermehrter Auflage erschienene Werkchen von *R. Schwarz* sei empfehlend hingewiesen, da es nützliche Angaben für alle enthält, die sich wissenschaftlich oder technisch auf dem Gebiete der sog. feuerfesten und hochfeuerfesten Stoffe betätigen und im besonderen mit der Herstellung von haltbaren, allen Anforderungen entsprechenden Geräten und Apparaten aus hochschmelzenden Silikaten und Oxyden beschäftigen wollen. Es sind in den vergangenen zwei Jahrzehnten auf diesem Gebiete wichtige Fortschritte gemacht worden, doch fehlte es noch an einem zusammenhängenden Leitfaden, der eine rasche Orientierung über das schon Erreichte ermöglicht und zeigt, was noch zu tun nötig ist. Der Verfasser kann es sich zum Verdienste anrechnen, diesem Mangel abgeholfen zu haben, indem er die in der in- und ausländischen Literatur verstreuten Angaben zusammenfaßt und ihnen eigene Erfahrungen und kritische Bemerkungen hinzufügt. Auf den Inhalt des Büchleins soll im einzelnen nicht eingegangen, sondern nur erwähnt werden, daß er in folgende Abschnitte zerfällt: 1. Begriff der Feuerfestigkeit, 2. Zusammenhänge zwischen Konstitution und Eigenschaften, 3. Feuerfeste Silikate, 4. Feuerfeste Oxyde, 5. Graphit, Carbide und Nitride.

Bei einer Neuauflage sei empfohlen, in dem Abschnitte über temperaturwechselbeständige Porzellanmassen (S. 23 ff.) auch auf die für diese geeignetsten Glasuren (vgl. u. a. *Ricke und Steger*, Sprechsaal 1915, S. 381) einzugehen, sowie bei den Ausführungen über Karborundum (S. 51) auch seiner Verwendung zu Schamottekapseln für das Brennen von Tonwaren zu gedenken, wie sie in neuester Zeit besonders von englischen und amerikanischen Keramikern vorgeschlagen worden ist. *W. Funk, Meissen.*

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über Blutkohle und Häminkohle.

„Blutkohle“ ist ein Präparat, das durch Verkohlen von Blut unter Zusatz verschiedener Stoffe fabrikmäßig hergestellt wird. Merksche Blutkohle enthält neben Kohlenstoff relativ große Mengen Stickstoff, etwa 10 % Kieselsäure und 0,2 % Eisen.

Blutkohle besitzt die Fähigkeit, die Reaktion zwischen Aminosäuren und molekularem Sauerstoff zu katalysieren. Weil diese Katalyse in wesentlichen Punkten mit der katalytischen Wirkung lebender Zellen übereinstimmt, ist sie von besonderem Interesse und vielfach untersucht worden.

Bringt man an die Oberfläche von Blutkohle, an der eine Aminosäure verbrennt, eine kleine Menge Blausäure — klein im Vergleich zu dem Gewicht der Kohle

sowohl als auch der adsorbierten Aminosäure —, so hört die Oxydation der Aminosäure auf. Da man weiß, daß Blutkohle Eisen enthält und daß Blausäure leicht mit Eisen reagiert, so hat man angenommen, die katalytische Wirksamkeit komme nur den eisenhaltigen Kohleteilen zu, und damit erklärt, daß Blausäure — ohne den Hauptteil der Kohleoberfläche zu verändern — die Oxydation zum Stillstand bringt.

Die Richtigkeit dieser Theorie wird durch folgende Versuche bewiesen, in denen eine katalytisch wirksame Kohle von den Eigenschaften der Blutkohle schrittweise aus chemisch einheitlichen Stoffen aufgebaut wurde.

Verkohlt man Rohrzucker unter Zusatz von Kaliumkarbonat und Kaliumsilikat, glüht und extrahiert mit Salzsäure, so erhält man eine kieselsäurehaltige Kohle,

die gut adsorbiert, jedoch nicht imstande ist, Sauerstoff auf adsorbierte Aminosäuren zu übertragen. Leucin, an der Oberfläche dieser Kohle adsorbiert, ist gegenüber Sauerstoff beständig.

Der Zusatz von Silikat geschah nach dem Vorbild der technischen Verfahren und ist wesentlich. Ohne Silikat erhält man autoxylablen Kohlenstoff, wie er in der Blutkohle nicht vorliegt.

Um die Zucker-Silikatkohle zu aktivieren, gaben wir zu dem Gemisch von Zucker, Silikat und Karbonat verschiedene Eisensalze und verkohlten und glühten. Wir erhielten so Kohlen vom Eisengehalt der Blutkohle, jedoch keine Aktivierung. Die eisenhaltigen Silikatkohlen waren katalytisch ebenso wirkungslos wie die eisenfreien. Es war daraus zu schließen entweder, daß die Theorie falsch sei oder daß es auf die besondere Form ankomme, in der das Eisen im Blut vorliegt. Denn Blut, mit Silikat und Karbonat verkohlt, gab immer wirksame Kohlen.

Träger des Bluteisens ist der Blutfarbstoff, dessen Eisen in Form einer organischen Eisenverbindung, des Hämins, abgespalten werden kann. Setzten wir dem Gemisch von Rohrzucker, Karbonat und Silikat kristallisiertes Hämin in kleinen Mengen zu und verkohlten, so erhielten wir Kohlen, die in jeder Hinsicht

die katalytischen Eigenschaften der Blutkohle besaßen, adsorbierte Aminosäuren oxydierten und durch kleine Blausäuremengen ihre Wirksamkeit einbüßten. Je mehr Hämin wir zusetzten, um so wirksamer wurden die Kohlen. Die wirksamste Kohle entstand durch Verkohlen von reinem Hämin.

Kohle aus reinem Hämin ist ein schweres, schwarz-blau glänzendes Pulver, das Kohlenstoff, Stickstoff und Eisen enthält, die beiden letzteren Elemente wahrscheinlich in gegenseitiger Bindung. An katalytischer Wirksamkeit übertrifft Häminkohle weit die im Handel befindlichen Blutkohlen. Sie zeichnet sich ferner aus durch ein hohes Adsorptionsvermögen gegenüber Blausäure, besitzt also diejenige Eigenschaft, die nach der Theorie den eisenhaltigen Teilen der Blutkohle zukommt.

Wie uns scheint, ist durch diese Versuche entschieden, daß der katalytisch wirksame Bestandteil der Blutkohle tatsächlich eine Eisenverbindung ist, und gezeigt — was selbstverständlich erscheinen mag, jedoch oft übersehen wird —, daß Eisen nicht in jeder Form katalytisch wirkt, sondern daß die Art seiner Bindung eine entscheidende Rolle spielt.

Berlin-Dahlem, den 5. September 1923.

Otto Warburg.

Walter Brefeld.

Astronomische Mitteilungen.

Der K-Effekt. Seit 1911 ist bekannt, daß die Sterne des Spektraltypus B (in geringerem Maße auch die Sterne anderer Typen) in allen Teilen des Himmels eine durchschnittliche Rotverschiebung von 0,06 AE (im photographischen Abschnitt des Spektrums) zeigen, wenn die durch die Sonnenbewegung hervorgerufene Verschiebung bereits in Rechnung gezogen worden ist. Wenn man die Verschiebung als Bewegungseffekt deuten will, muß man eine allseitige Expansion des Sternsystems annehmen, deren Geschwindigkeit vom Spektraltypus abhängen würde. Es ist auch versucht worden, diesen sogenannten K-Effekt als Rotverschiebung im Einsteinschen Sinne aufzufassen. Da die durchschnittlichen Massen der Sterne verschiedener Spektraltypen verschieden sind, würde eine Abhängigkeit der Verschiebung vom Spektraltypus möglich erscheinen.

Bereits bei der Entdeckung des K-Effektes hat aber Campbell darauf aufmerksam gemacht, daß die Verwendung zu niedriger Zahlenwerte für die Wellenlängen der zur Ableitung der Radialbewegung benutzten Linien denselben Effekt haben würde. Während Campbell vermutete, daß die Wellenlängen der Linien in den Sternspektren durch Druck oder andere Einflüsse vergrößert sein könnten, unternimmt neuerdings Albrecht¹⁾ eine kritische Prüfung der Laboratoriumswerte der bei B-Sternen verwendeten Spektrallinien. Wenn Doppellinien ausgeschlossen werden, kommen für die Messung von Radialgeschwindigkeiten bei B-Sternen 1 oder 2 Linien des He, 3 Linien des Si und etwa 20 Linien von O und N in Frage. Metalllinien treten erst in den A-ähnlichen Unterklassen B8 und B9 auf.

In seiner ersten Abhandlung führt Albrecht neue, von Clark bestimmte Wellenlängen für die O- und N-Linien ein und zeigt, daß der K-Effekt dadurch verschwinden würde, wenn nur diese Linien beteiligt wären, da die neuen Wellenlängen im Durchschnitt um 0,063 AE größer sind als die früher benutzten (die entsprechende Änderung der Radialgeschwindig-

keit ist — 4,2 km/sec). Durch Abschätzung der tatsächlichen Beteiligung dieser Linien bei der Ableitung der Radialgeschwindigkeiten ergibt sich, daß durch die neuen Wellenlängen der O- und N-Linien der K-Effekt für die ganze Klasse B um etwa 0,3, für die Gruppen B0—B2 aber um 0,7 oder 0,8 km/sec vermindert wird.

In der zweiten Arbeit untersucht Albrecht den Einfluß neuer Wellenlängen für Si und He und findet, daß er in derselben Richtung wirkt. Die Gesamtänderung, die durch die neuen Wellenlängen für die 20 O- und N-Linien, die 3 Si-Linien und die He-Linie 4713 hervorgerufen wird, vermindert den K-Effekt in den Klassen B0—B3 auf die Hälfte, in B5—B8 um einen kleineren Betrag.

Es scheint hiernach sicher zu sein, daß mindestens ein Teil des K-Effektes auf unrichtige Wellenlängen zurückzuführen ist. Von den neuen Werten scheinen die für O und N recht zuverlässig zu sein; während nach Albrechts Angabe die verschiedenen Bestimmungen für Si sehr weit auseinandergehen, also dringend einer Wiederholung bedürfen. Um die Bestimmung fundamentaler Radialgeschwindigkeiten auf eine sichere Basis stellen zu können, erscheint es aber sehr erwünscht, daß für alle in B-Sternen verwendbaren Linien eine oder mehrere Neubestimmungen im Laboratorium vorgenommen werden, nach Möglichkeit unter zweckentsprechend variierten Versuchsbedingungen.

Daß hiernit nicht das Problem des K-Effektes gelöst, wohl aber eine störende Besonderheit der B-Sterne aus dem Wege geräumt wird, zeigt eine Untersuchung von E. Freundlich und E. v. d. Pahlen²⁾, in der nicht der über den ganzen Himmel gebildete Mittelwert behandelt, sondern für begrenzte Himmelsgebiete der nach Abzug der Sonnen- und nötigenfalls der Strombewegung verbleibende Rest der Radialgeschwindigkeiten aufgesucht wird. Als Grundlage dienen die Radialgeschwindigkeiten des Katalogs von Voigt. Der Streifen zwischen den galaktischen Breiten +30° und -30° wird in 10 Bereiche geteilt, so daß die Mitten

¹⁾ S. Albrecht, A partial explanation, by wavelengths, of the K-term in the B-types. Astrophysical Journal 55, S. 361, und 57, S. 57.

²⁾ E. Freundlich und E. v. d. Pahlen, Untersuchung des K-Effektes auf Grund des Katalogs von Radialgeschwindigkeiten von J. Voigt. Astronomische Nachrichten Nr. 5229—30.

der Bereiche in der galaktischen Ebene und bei den galaktischen Längen 347° (Vertex der Sternströmung), 23° , 59° usw. liegen. Bei der Mittelung diametral gegenüberliegender Bereiche fallen Sonnen- und Strombewegung heraus, und es verbleibt das Mittel der K-Effekte der beiden Bereiche. Die Behandlung der B-Sterne führt auch hier zu durchweg positiven Werten mit dem bekannten Mittel $+4,3$ km/sec, fördert aber zugleich eine starke Abhängigkeit des K-Effektes von der galaktischen Länge zutage. Die Mittel je zweier gegenüberliegender Bereiche sind:

1/6	2/7	3/8	4/9	5/10
$+8,8$	$+3,4$	$+2,4$	$+4,5$	$+2,3$ km/sec

In der Vertex-Antivertex-Richtung tritt ein besonders großer K-Effekt auf, in den unmittelbar benachbarten Bereichen ist der Effekt bedeutend kleiner.

Eine analog geführte Untersuchung der A-, F-, G-, K-, M-Sterne liefert, wenn alle Sterne mit bekannter Radialgeschwindigkeit benutzt werden, bedeutend kleinere Werte und läßt auch keinen deutlichen Gang mit der galaktischen Länge erkennen. Sobald aber nur Sterne mit Entfernungen von mehr als 25 Sternweiten in Betracht gezogen werden, zeigt sich in allen Klassen ein Gang von ähnlicher Amplitude und Phase wie bei den B-Sternen. Bei allen Klassen schwankt der K-Effekt um den Mittelwert 0, nur bei den B-Sternen ist er durchweg positiv. Dieser Widerspruch scheint gerade durch die von *Albrecht* angeregten Neubestimmungen von Wellenlängen beseitigt oder vermindert zu werden, so daß es vielleicht nicht einmal nötig sein wird, eine Gravitationsverschiebung anzunehmen.

Da die nahen A- bis M-Sterne den Gang des K-Terms nicht erkennen lassen, die entfernteren aber wie die B-Sterne ihn deutlich zeigen, liegt der Gedanke nahe, daß überhaupt die Entfernung und nicht der Spektraltypus das maßgebende Kennzeichen ist. Eine Ordnung nach Entfernungen bestätigt diesen Schluß.

Die Erklärung dieser merkwürdigen und anscheinend nicht mehr zweifelhaften Erscheinung bereitet große Schwierigkeiten. Am plausibelsten, aber durchaus nicht einwandfrei und ausreichend ist die Annahme, daß in den Richtungen des Vertex und Antivertex der bekannten Sternströmung ein Ausströmen und dicht daneben ein Einströmen der Sterne stattfindet. Damit wäre eine Spaltung der Sternströme in größeren Entfernungen angenommen, während die Beobachtung bisher überall ein nahezu konstantes Mischungsverhältnis beider Ströme ergeben hat. Merkwürdig wäre überdies, daß auch die B-Sterne, die an der bekannten Sternströmung nicht beteiligt sind, hier eine deutliche Strömung verraten.

Die Untersuchung von *Freundlich* und *Pahlen* verfolgt nur das Ziel, die Tatsache der Veränderlichkeit des K-Effektes mit der galaktischen Länge sicherzustellen. Eine weitergehende Lösung des Problems wird erst möglich sein, wenn ein umfangreicheres und homogeneres Material von Radialgeschwindigkeiten vorliegt.

Kruse.

Die Absorption des Sternenlichtes durch dunkle Nebel erlaubt Schlüsse auf Entfernung und Natur der offenbar den interstellaren Raum mit gar nicht so großer Seltenheit erfüllenden nicht leuchtenden Materie. *Barnard* hat seinerzeit besonders die Aufmerksamkeit auf diese dunklen Nebel gelenkt und *Wolf* liefert soeben einen neuen wertvollen Beitrag zu diesem Kapitel. In *Astr. Nachr.* 219, 109–116 beschreibt er den Nebel NGC 6960, der an seinem Westrande von einer jener auffälligen „Sternleeren“ be-

gleitet wird, welche zustande kommen durch die lichtauslöschende Wirkung der selbst nicht leuchtenden ausgedehnten Fortsetzung des eigentlichen Nebels. Werden die Sterne östlich vom Nebel, d. h. also im unverhüllten Teil der Himmelsgegend, nach Größenklassen abgezählt und die gefundenen Zahlen verglichen mit den Anzahlen der Sterne der entsprechenden Größenklassen in den von den dunklen Massen teilweise verdeckten Gebieten, so ergibt sich das folgende Bild der Sternverteilung:

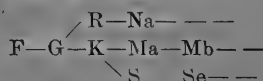
m	$\log A_m$	$\log A'_m$	Δm
10,0	1,64	1,59	0,0
11,0	1,94	1,91	0,0
12,0	2,42	2,16	0,5
13,0	2,71	2,46	0,9
14,0	2,93	2,67	1,1
15,0	3,24	2,94	1,0
16,2	3,63	3,31	1,0
17,5	4,11	3,79	0,9

Unter m stehen die Sterngrößen, A_m und A'_m sind die Anzahlen der Sterne pro Quadratgrad von den hellsten bis zu denen von der Größe m im unverhüllten bzw. verhüllten Teil. Δm gibt den Verlust in Größenklassen an, den das Licht der Sterne im verhüllten Teil durch die Absorptionswirkung des Nebels erleidet. Wie man sieht, beginnt der Einfluß des Nebels erst bei den Sternen schwächer als 11. Größe wirksam zu werden und die Δm sind konstant von der 13. Größe ab, d. h. der Nebel erreicht in dieser Entfernung sein Ende. Die mittlere Parallaxe der Sterne 11. Größe ist nach *Kapteyn* $0'' 0022$, so daß man zu der Feststellung gelangt: Die uns zugewandte Grenze der dunklen Nebelmasse liegt in etwa 450 Sternweiten (1500 L.-J.) Entfernung und die Dicke der absorbierenden Schicht beträgt rund 150 Sternweiten (500 L.-J.).

Eine Frage von grundlegender Bedeutung ist die nach der Natur der Absorption und damit des Nebels. Handelt es sich um Gasmassen, dann müssen nach all unseren Erfahrungen selektive Wirkungen auftreten, das Licht der Sterne muß im blauen Teil stärker geschwächt werden als im roten. In diesem Falle müßte also der Farbenindex der im „verhüllten“ Teil stehenden Sterne im Mittel einen positiven Exzeß über den Farbenindex der übrigen Sterne zeigen. Nichts dergleichen ist aber nach den Untersuchungen *Wolfs* der Fall: die mittlere Sternfarbe ist in allen Teilen der Platte dieselbe, so daß man schließen muß, „daß keine Rötung der Sterne durch die dunkle Wolke des Nebels eintritt, und es erscheint deshalb recht wahrscheinlich, daß die lichtabfangende Wolke zum größten Teil aus Staubmassen besteht“.

Kienle.

Zirkonbanden in Spektren der S-Sterne. (Publ. Astr. Soc. Pacif. XXXV, 217.) *Merrill* berichtet über den Nachweis von Zr-Banden (ZrO?) in S-Sternen. Das verdient Beachtung. Soweit bekannt, ordnen sich die Typen am roten Ende der Harvardskala wie folgt:



Bisher waren bekannt: CO-Banden in G, K, R, N stark, in M schwach, in S fraglich; TiO-Banden in K schwach, in M stark, in R, N, S fraglich; nunmehr stehen also Zr-Banden (ZrO?) in S fest. C, Si, Ti, Zr bilden die 4. Spalte im periodischen System. SiO-Banden scheinen zurzeit nicht bekannt zu sein. Nach Lage der Dinge wäre von ihrer Erforschung manche Klärung der sich immer mehr verwickelnden Verhältnisse bei den roten Typen zu erwarten. *Schnauder*.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 43. (Seite 865—880.)

26. Oktober 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Die Form der Stoffe im chemischen Vorgang. Von *V. Kohlschütter, Bern.* S. 865.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Zur Quantentheorie der Dispersion. Von *A. Smekal, Wien.* S. 873.

Zur Theorie des Phänomens der Blutkörperchen-senkung. Von *Edgar Wöhlisch, Kiel.* S. 875.

Botanische Mitteilungen. S. 876—878.

Über Vererbung und Fertilität bei Heterostylie. Die Abweichungen vom mechanischen Zahlen-verhältnis der Lang- und Kurzgriffel bei hetero-stylen Pflanzen. Der Ambrosiapilz der Termiten.

Ein Mutualismus zwischen subterranean Cope-poden und Schwefelbakterien. Periodische Blütenbildung bei Orchideen. Die neue Flora von Krakatau. Neue Mittel zum Frühtreiben. Frühtreiben durch Quetschen. Zur Elektro-physiologie der Berberisblüte.

Astronomische Mitteilungen. S. 878.

Bemerkungen zur Aufnahme von funkentelegra-phischen Zeitsignalen. Die Sterntemperaturen (mit 2 Abbildungen).

Berichtigungen. S. 880.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Demnächst erscheint der **zweite Band** von

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Umfang etwa 16 Bogen mit 38 Abbildungen, Lexikonformat

Inhaltsübersicht:

Die Bewegungen der Fixsterne. Von Dr. J. Hopmann, Bonn.

Entwicklung und Stand der Parallaxenforschung. Von Dr. G. Schnauder, Potsdam.

Das Milchstraßensystem. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. A. Kopff, Heidelberg.

Die Polhöhenchwankungen. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. B. Wanach, Potsdam.

Erzeugung und Messung tiefer Temperaturen. (Mit 2 Abbildungen.) Von Professor Dr. F. Henning, Berlin-Lichterfelde.

Neuere Erfahrungen über quantenhaften Energieaustausch bei Zusammenstößen von Atomen und Molekülen. (Mit 1 Abbildung.) Von Professor Dr. J. Franck, Göttingen.

Magnetismus und Atombau. (Mit 3 Abbildungen.) Von Professor Dr. Walter Gerlach, Frankfurt a. M.

Fortschritte beim Zeemaneffekt. (Mit 2 Abbildungen.) Von Professor Dr. Alfred Landé, Tübingen.

Über das Element 72 (Hafnium). (Mit 3 Abbildungen.) Von Professor Dr. Fritz Paneth, Berlin.

Kaltreckung und Verfestigung. (Mit 25 Abbildungen.) Von Dr. G. Masing und Dr. M. Polanyi, Berlin.

Die „Bezieher der Naturwissenschaften“ erhalten diesen Band ebenfalls zu einem Vorzugspreis, wie den 1. Band.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark, zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarkurs des Vortages.

Einzelnummer 0,80 Goldmark.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto: Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer;
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 993 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

LUNGE-BERL

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

unter Mitwirkung zahlreicher hervorragender Fachleute herausgegeben von

Ing.-Chem. Dr. E. Berl.

Professor der Technischen Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule in Darmstadt

Siebente, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage

In 4 Bänden.

Erster Band: 1921. Mit 291 in den Text gedruckten Figuren und einem Bildnis (XXXII, 1100 S.), gebunden 35 Goldmark / 9 Dollar.

Zweiter Band: 1922. Mit 313 in den Text gedruckten Figuren (XLIV, 1412 S.), geb. 45 Goldmark / 12 Dollar.

Dritter Band: 1923. Mit 235 in den Text gedruckten Figuren (XXXI, 1362 S.), geb. 42 Goldmark / 11 Dollar.

Vierter Band: In Vorbereitung.

Inhaltsübersicht:

Erster Band:

Allgemeiner Teil. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Technische Gasanalyse. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Mikrochemische Arbeitsmethoden. Von Dr. U. F. Blumer, Zürich. — Elektroanalyse. Von Prof. Dr.-Ing. W. Moldenhauer, Darmstadt. — Feste und flüssige Brennstoffe. Von Dr. D. Aufhäuser, Hamburg. — Die Prüfung des Wassers für Kesselspeisung und andere technische Zwecke. Von Dipl.-Ing. A. Zschimmer, München. — Trink- und Brauchwasser. Von Prof. Dr. L. W. Winkler, Budapest. — Abwässer. Von Prof. Dr. E. Haselhoff, Cassel. — Die Luft. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann, Würzburg. — Fabrikation der schwefligen Säure, Salpetersäure und Schwefelsäure. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Sulfat- und Salzsäurefabrikation. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Fabrikation der Soda. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Die Industrie des Chlors. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Verflüssigte und komprimierte Gase. Von Prof. Dr. Ernst Berl, Darmstadt. — Kalisalze. Von L. Tietjens, Berlin.

Zweiter Band:

Metallographische Untersuchungsverfahren. Von Geheimrat Prof. E. Heyn, Charlottenburg. — Elektroanalytische Bestimmungsmethoden. Von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Moldenhauer, Darmstadt. — Technische Spektralanalyse. Von Dr.-Ing. L. C. Glaser. — Eisen. Von Prof. Dr. P. Aulich. — Metalle außer Eisen, Metallsalze. Von Geh. Bergrat Dr. O. Pufahl, Berlin. — Tonerdepräparate. Von Prof. Dr. E. Berl, Darmstadt. — Die Untersuchung der Tone. Von Ing.-Keramiker H. Ludwig in Friedrichsfeld i. B. — Die Mörtelindustrie. Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. e. h. Max Gary, Berlin-Dahlem. — Glas. Von Dr.-Ing. L. Springer, Glashüttenchemiker in Zwiesel (Bayern). — Methoden der quantitativen Analyse des Emails und der Emailrohmaterialien. Nach R. D. Landrums, „Methods of Analysis for Enamel and Enamel raw Materials“, deutsch bearbeitet und ergänzt von Dr. J. Grünwald, Wien. — Calciumcarbid und Acetylen. Von Prof. Ing. Dr. Berl, Darmstadt. — Cyanverbindungen. Von Dr. W. Bertelsmann, Chemiker der Berliner Gaswerke. — Boden. Von Prof. Dr. E. Haselhoff, Vorsteher der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Harleshausen (Cassel). — Künstliche Düngemittel. Von Prof. Dr. O. Böttcher. — Neubearbeitet von Prof. Dr. Barnstein. — Futterstoffe. Von Prof. Dr. Barnstein, Leipzig-Möckern. — Sprengstoffe und Zündwaren. Von Prof. Dr. H. Kast, Regierungsrat und Mitglied der Chem.-Techn. Reichsanstalt.

Dritter Band:

Gasfabrikation, Ammoniak. Von Dr. Otto Pfeiffer, Direktor der städtischen Gas- und Wasserwerke, Magdeburg. — Die Industrie des Steinhohlenteers. Von Heinrich Mallison, Prokurist der Rütterswerke-Aktiengesellschaft, Berlin. — Braunkohlenteerindustrie. Von Prof. Dr. Ed. Graefe, Dresden. — Mineralöle (Erdöl, Benzin, Leuchtöl, Gas, Heiz-, Treiböle usw., Paraffin, Asphalt u. dgl.). Von Prof. Dr. D. Holde, gemeinschaftlich mit Dr. G. Meyerheim. — Fette und Wachse. Von Dr. Ad. Grün, Chefchemiker der Georg Schicht A.-G., Aussig. — Erzeugnisse der Fettindustrie. Von Dr. Ad. Grün, Chefchemiker der Georg Schicht A.-G., Aussig. — Die Untersuchung der Balsame, Harze und Gummiharze. Von Dr. Karl Dietrich, Helfenberg, Direktor der chemischen Fabrik Helfenberg A.-G. vorm. E. Dietrich. — Drogen und galenische Präparate. Von Dr. Karl Dietrich, Helfenberg, Direktor. — Aetherische Öle. Von Dr. E. Gildemeister in Miltitz bei Leipzig. — Chemische Präparate. Von Dr. J. Messner und Dr. E. Stadlauer, Chemiker im Hause E. Merck Darmstadt. — Die Weinsäure-Industrie. Von Dr.-Ing. W. Klapproth, Nieder-Ingelheim. — Die Citronensäure-Fabrikation. Von Dr.-Ing. W. Klapproth, Nieder-Ingelheim. — Die Milchsäure-Industrie. Von Dr.-Ing. W. Klapproth, Nieder-Ingelheim. — Kautschuk und Kautschukwaren. Von Dr. F. Frank und Dr. E. Marekwald in Berlin. — Mechanisch-technologische Prüfung von vulkanisierten Gummiwaren. Von Prof. K. Memmler in Berlin-Dahlem. — Kolloidchemische Untersuchungsmethoden. Von Privatdozent Dr. W. Bachmann, Göttingen.

Nur das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Dollarkurs des Vortages. Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, engl. Pfund, Schweizer Franken, holl. Gulden.

Die Form der Stoffe im chemischen Vorgang¹⁾.

Von V. Kohlschütter, Bern.

I.

Jedem experimentierenden Chemiker ist die Tatsache geläufig, daß ein und derselbe feste Stoff je nach seiner Herstellungsweise auffällig verschiedene Formen annehmen kann. Von solchen Formen lassen sich die einen nicht in die anderen überführen, sondern lediglich Art und Bedingungen des Vorgangs, der zu ihnen führt, drücken einer jeden ihre Eigenart auf: ein bestimmter Bildungsprozeß liefert eine bestimmte „Bildungsform“. — Anderseits greift die Form u. U. entscheidend in den Verlauf chemischer Vorgänge ein: Die gleiche Stoffart verhält sich in verschiedenen Formen verschieden; die Verwendbarkeit eines Stoffes für bestimmte chemische Zwecke ist vielfach an eine bestimmte Form gebunden; die einzelne Form erscheint daher häufig als ein chemisches Individuum.

Diese zweifache Erfahrung rechtfertigt es, die *Form der Stoffe im chemischen Vorgang* zum Gegenstand einer Betrachtung zu machen, und zwar in doppelter Richtung: als *sein Ergebnis* und als *Ursache von Erscheinungen, die von ihr ausgehen*.

Die Unterschiede der Formen, um die es sich handelt, sind im allgemeinen nicht in einer chemischen Isomerie zu suchen, wenn auch Molekularverschiedenheiten nicht ausgeschlossen sind; noch weniger sind sie auf Polymorphie zurückzuführen, denn verschiedene Bildungsformen treten als identische Phasen in das heterogene Gleichgewicht ein. Ihr Wesen liegt vielmehr in der Art, wie eine gegebene Masse Materie den Raum erfüllt, wie sie zerteilt und wieder zum Körper zusammengefaßt ist. Da sie aber durch bestimmte chemische oder physikalisch-chemische Maßnahmen hervorgerufen werden und durch solche — und nur durch solche! — reproduzierbar sind, haben sie auch unter chemischem Gesichtspunkt als „natürliche Formen“ zu gelten.

Hiermit ist ihre Betrachtungsweise vorgezeichnet. Jede natürliche Form eines einheitlichen Stoffes muß als tatsächliches Erzeugnis ihres Bildungsvorganges gewertet werden; sie gehört zur Reaktion selbst, ähnlich etwa wie die Gleichgewichtskonzentration, mit der ein Vorgang abschließt, und ist der Inbegriff der Auswirkungen aller Umstände, die in ihrem Bildungsvorgang mitsprechen.

¹⁾ Vortrag beim Stiftungsfest der Chemischen Gesellschaft Freiburg i. B.

Eine solche genetische Auffassung bestimmt zugleich die *Art ihres Studiums*.

Die *klassische Chemie*, als Lehre von der Zusammensetzung und Konstitution der Stoffe, betrachtet den *einheitlichen Körper* unabhängig von seiner Form; ihre *Formulierungen* enthalten nichts über den *Zustand*, in dem der Stoff auftritt.

Auch die *Kristallographie*, die speziell den geformten Stoff zum Gegenstand hat, bietet nicht die Mittel, einen großen Teil natürlicher Formen irgendwie ausreichend zu beschreiben, denn für das, was sich als spezifische *Form der Beobachtung* aufdrängt, ist meist viel *charakteristischer* als die An- oder Abwesenheit bestimmter Elementarkörper, die durch die Röntgenspektroskopie nachgewiesen werden, der Zusammenschluß der Materie außerhalb bzw. über den Raumgitterverbänden.

Beide Zweige sind aber natürlich *Fußpunkte* jeder morphologischen Betrachtung; denn nicht nur muß man in jedem Fall wissen, mit welcher Art von Materie man es in einem Objekt von besonderer natürlicher Form zu tun hat, sondern man muß auch die rein *chemischen Umstände* kennen, in deren Gefolge seine Bildung und Umwandlung eintritt, und sich klar werden, an welche Seiten seiner *chemischen und Kristallographischen* Natur morphologische Erscheinungen anknüpfen können. Da jedoch jede Form ihre Entstehung bestimmten Vorgängen verdankt, haben wir uns vor allem an die *physikalische Chemie* zu halten, das eigentliche Feld für die Erforschung von Vorgängen in stofflichen Systemen, denn sie nimmt ja auch schon den einheitlichen chemischen Körper nur als den Endzustand, mit dem ein reagierendes System zur vorläufigen oder endgültigen Ruhe gelangt.

So kommen wir dazu, in einem bestimmt geformten *Reaktionsprodukt* die *Verkörperung einer Entwicklung* zu sehen, die nicht verstanden wird, wenn man es nur chemisch- und physikalisch-anatomisch untersucht; eine Art Physiologie der Form muß die deskriptive Morphologie ergänzen und ihr zur Basis dienen.

Damit sind bestimmte Aufgaben gestellt: Es gilt, die *formbestimmenden Umstände* in den *Bildungsvorgängen* zu ermitteln und nach ihrer Wirkungsweise festzulegen; weiter die charakteristischen Züge einer Form zu bezeichnen und als *Auswirkung* der einzelnen Faktoren im *Entstehungsprozeß* zu erkennen; schließlich die

Eigenschaften und das Verhalten der Produkte als Folge solcher Formelemente zu verstehen.

Ihre Grundlagen hat die Morphologie in diesem Sinne außer in der Kenntnis der rein chemischen und kristallographischen Tatsachen in der Kinetik zunächst der molekularen Vorgänge und weiterhin der Phasenbildungen mit allen Weiterungen, die sich aus deren Betrachtung ergeben, insbesondere auch den kapillarchemischen Erscheinungen. Sie stützt sich demgemäß auf die Zusammenfassungen von Erkenntnissen, die in diesen Richtungen in der Kolloidchemie, der Lehre von den erstarrenden Schmelzen und verwandten Wissensgebieten vorliegen.

Diesen Zweigen gegenüber sind Forschungen, wie sie hier ins Auge gefaßt werden, *angewandte physikalische Chemie*. Denn während jene auf Verallgemeinerungen und Gesetze ausgehen, beschäftigen sich diese vielfach mit etwas Einmaligem, das sich in ganz gleicher Weise vielleicht nicht in einem zweiten Falle wiederholt.

Morphologische Fragen aber gehen die eigentliche Chemie an, weil eben nicht nur die chemischen Reaktionen die Form der Stoffe bestimmen, sondern auch diese auf jene zurückwirken. *Die Aufgabe ist daher, die physikalisch-chemische Morphologie mit der präparativen Chemie zu verflechten*, und es ist ihr einige Bedeutung beizumessen, weil das Verständnis der natürlichen Formenwelt eine Arbeit dieser Art voraussetzt, und weil auch die technische Stoffherzeugung und -beherrschung den Einblick in den engen Zusammenhang chemischer und morphologischer Umstände fordert.

Alles dies wurde hervorgehoben, um das Problem ins Licht zu rücken. Und noch ein Wort über die Methode, nach der in diesem Gebiete vorzugehen ist, muß gesagt werden. Man kann an die Vorgänge streng systematisch nach der Weise der physikalischen Chemie herantreten, die einzelnen formbestimmenden Faktoren in ihrer Wirkung verfolgen, und allgemeingültige Gesetze suchen. Aber wo solche Beziehungen übersichtlich sind, befinden wir uns meist noch weit entfernt von den Erscheinungen der Wirklichkeit; die gleichzeitige Berücksichtigung mehrerer Umstände dagegen führt sehr schnell zu höchst verwickelten Systemen. Daher ist es häufig vorzuziehen, die Aufklärung einzelner markanter Beispiele zu versuchen. Hierdurch wird allein schon etwas für die Chemie geleistet, denn es werden Objekte, die vorwiegend ihrer Form wegen als etwas Besonderes erscheinen, rationell beschrieben. Zugleich aber liefert die Auflösung der für einen Fall charakteristischen Verknüpfung verschiedenartiger Faktoren Fäden in die Hand, die nun ihrerseits in anderen Verschlingungen verfolgbar sind. Damit gewinnt die einzelne Form doch noch wieder allgemeine Bedeutung: sie zeigt, was überhaupt möglich ist, und wird so zum Paradigma, das zum Verständnis anderer Fälle und zur Entwicklung umfassenderer Vorstellungen verhilft; es fällt ihr eine Rolle zu, wie sie in der

Konstitutionschemie etwa der Indigo und andere Körper gespielt haben.

Auch diese Untersuchungsart bringt den Gegenstand in die Sphäre der Chemie. Sie erklärt zugleich, warum hier in der Hauptsache eine Reihe von Einzelfällen behandelt wird. Der Zusammenhang zwischen ihnen ergibt sich an Hand gewisser Prinzipien allgemeiner Art. Wenn zwischen verschiedenen Objekten sich dann immer wieder Berührungspunkte ergeben, so ist dies wohl ein Zeichen dafür, daß Grundsätzliches erfaßt wurde.

Zu jenen einfachen Leitgedanken gehört der, daß die natürlichen Formen zustande kommen durch Verdichtung aus den molekularen Zerteilungen, die im Gas, der Lösung, der Schmelze vorliegen. Der normale Endzustand für eine solche Verdichtung ist die vollständige Einordnung des Stoffes im Raumgitter, also der einheitliche Kristall. Beide Zustände entsprechen Extremen des Energieinhalts, denn in der molekularen Aufteilung befindet sich die Materie auf dem höchsten, im Kristall auf dem tiefsten Energieniveau. Wenn letzteres bei der Formung des Stoffes nicht erreicht wird, so müssen Widerstände an der Arbeit sein. Daher ist den Wirkungen nachzugehen, die in den Verdichtungs Vorgang eingreifen, den Kristallisationsprozeß verzögern, stören, unterdrücken. Damit wird die Frage nach den Bildungsbedingungen gewissermaßen umgekehrt: wir fragen nicht, was eine bestimmte natürliche Form schafft, sondern, was den Stoff u. U. hindert, seine normale Form als Kristall anzunehmen. Tatsächlich sind die natürlichen Formen zum größten Teil Kompromisse zwischen dem Kristallisationsvermögen und dessen Störungen, und hier liegt auch bereits eine der Ursachen für das unterschiedliche chemische Verhalten verschiedener Formen, denn dieses muß ja der Energiestufe entsprechen, auf der der Stoff bei seiner Verdichtung angelangt ist, wenn auch die Wirkung der Form sich hierin nicht erschöpft.

Solche Störungen, die spezielle Bildungsformen als Abweichungen vom normalen Kristall geben, sind schon die *Wachstumsbeeinflussungen* einzelner Kristalle, die durch bestimmte „Lösungsgenossen“ hervorgerufen werden. Wenn Chlornatrium aus einer Lösung, die z. B. Harnstoff enthält, in Cuboktaedern kristallisiert, so wird die einfachste Form, der Würfel, durch Anbringung weiterer Flächen kompliziert. Der Einfluß der Fremdstoffe geht dahin, daß schnellwachsende Flächen in langsamwachsende verwandelt werden, und setzt an der nach den Richtungen verschiedenen Verteilung der Kristallbestandteile in einer Gitterebene an. Er ist von besonderem Interesse, weil in ihm ein sehr unmittelbarer chemischer Störungseffekt vorliegt, doch soll die Betrachtung auf Gebilde beschränkt bleiben, die erst durch *Vereinigung einer größeren Zahl von Individuen* zu typischen Formen werden — wo also die *Zerteilung des Stoffes und*

seine Zusammenfassung zum Körper, somit die Art der Raumerfüllung und nicht die Gestalt eines einzelnen Körpers mit seiner äußeren Umgrenzung das Bezeichnende ist.

II.

An einigen Objekten dieser Art sollen zunächst bestimmte *formgebende Faktoren* und ihre Auswirkungsweise, die bei allen Bildungsvorgängen zu berücksichtigen sind, veranschaulicht werden.

Ich wähle dazu Fälle, die mir bei eigenen Untersuchungen eine Orientierung gegeben haben²⁾, obwohl auch sonstige Beispiele leicht beizubringen wären.

Bekanntlich ist die Phasenbildung als rein physikalischer Vorgang von zwei Größen beherrscht: der Zahl der Kerne, die sich in einer homogenen Phase bilden, und der Geschwindigkeit, mit der solche Kerne zu größeren Phasenteilchen heranwachsen. Beide hängen von der Natur der Stoffe und den äußeren Bedingungen ab, namentlich der Übersättigung der homogenen Phase, an deren Stelle bei chemischer Stoffbildung die Reaktionsgeschwindigkeit tritt. Ebenso bekannt ist, daß die Ausbildung der neuen Phase vom Verhältnis der Kernbildung zum Wachstum bestimmt wird und Beeinflussungen der Form besonders aus der Verschiebung ihres Verhältnisses folgen.

Geht man von der *Formbildung aus dem gasförmigen Zustand* in ihrer einfachsten Gestalt, der Dampfverdichtung, also einer rein physikalischen Zustandsänderung, aus, so ist hier bestimmend für die Form zunächst die *Unterkühlung*, denn sie bedingt den *Übersättigungsgrad* und die *Schnelligkeit der Verdichtung*. Je kleiner beide sind, desto leichter werden große Kristalle erhalten. Für die Wirkung entgegengesetzter Bedingungen wurde ein reichhaltiges Anschauungsmaterial gewonnen, indem Metalle im Lichtbogen verdampft und unter gleichzeitiger Oxydation in einem größeren Luftvolumen rasch verdichtet wurden³⁾. Die dann als Rauch entstehenden Oxyde sind so feinteilig, daß sie nur durch elektrische Niederschlagung erfaßt werden können. Ihr Zerteilungszustand bleibt dabei erhalten und man bekommt sie in einer Form, die als ein einfaches *Haufwerk* äußerst feiner, nur locker zu größeren Körnchen zusammengefaßter Teilchen, zu charakterisieren ist, wie daraus hervorgeht, daß die Produkte sich — geeignete Stoffart vorausgesetzt — spielend zu kolloiden Lösungen zerteilen lassen.

So einfach scheinbar der Übergang Dampf → Fest ist, so geht doch auch bei ihm schon ein Einfluß auf die Bildungsform von dem *Medium* aus, in welchem er erfolgt. Bei gleichem Temperatursprung bestimmt die Art des unbeteiligten Gases sowie sein Druck den Zerteilungszustand der Produkte. Das schwerere Gas bewirkt eine feinere Zerteilung als das leichtere, und in derselben

Richtung wirkt Druckerhöhung beim gleichen Gas). Der Effekt ist auf die innere Reibung des Mediums zurückzuführen, die molekulartheoretisch von der freien Weglänge der Molekeln abhängt, und wird vorstellbar, wenn man dafür die Stöße der Gasmolekeln verantwortlich macht, die — so wie sie die Brownsche Bewegung schwebender Teilchen verursacht — die Vereinigung kleinerer Teilchen zu größeren erschwert. Wie empfindlich ein sich verdichtender Stoff auf Einflüsse des Mediums reagiert, trat bei andersartigen Versuchen hervor⁴⁾.

Wenn in stark verdünnten Gasen Atomstrahlen auf ein Metall treffen, veranlassen sie durch ihren Aufprall die Ausschleuderung von Metallatomen, die sich nach Verlust ihrer vom stoßenden Atom übernommenen kinetischen Energie im Gasmedium zu Teilchen vereinigen und als disperse Häute auffangbar sind. Der Dispersitätsgrad solcher Niederschläge läßt sich an ihrer noch nicht dem kompakten Zustand entsprechenden Leitfähigkeit und der spontanen Änderung beurteilen, die diese mit der Zeit erfährt. So ergibt sich, daß z. B. in Argon wesentlich dispersere Gebilde entstehen als im Wasserstoff. Offenbar behindern Adsorptionsschichten aus dem Füllgas das Metall zunächst am Zusammenschluß zu Kristallen und halten seine Teilchen getrennt.

In der hernach beobachteten allmählichen Annäherung an den metallischen Zustand tritt ein weiterer allgemeiner formbestimmender Faktor in die Erscheinung: die *Tendenz zur Teilchenvergrößerung*, die sich in verschiedener Weise betätigen kann.

Bei unmittelbarer Berührung feinsten Teilchen sucht das Kraftfeld, das in nächster Umgebung eines Kristalls besteht, Atome anderer Kriställchen dem Raumgitterverbände einzugliedern und verursacht eine unmittelbare „Sammelkristallisation“.

Vorstufen einer solchen sind vielleicht in der eigentümlichen Fadenbildung zu sehen (die z. B. bei Zinkoxydrauch so charakteristisch auftritt), indem Teilchen von kolloiden Dimensionen bereits vektoriell orientiert, aber noch nicht dem einheitlichen Gitter einverleibt sind, das sie bei hinreichender molekularer Beweglichkeit aufnehmen würde.

Bei sehr kleinen Teilchen oder unterkühlten Tropfen können weiter *Oberflächenkräfte* die Vergrößerung entweder unmittelbar oder durch Erhöhung des Dampfdrucks der kleineren Teilchen herbeiführen, so daß das Wachsen auf dem Umwege über den Gaszustand erfolgt.

Auch rein *chemische Molekularvergrößerungen* werden u. U. die Grundlage für Formänderungen in diesem Sinne und damit für die Entstehung verschiedener Bildungsformen abgeben. Ein Beispiel liegt wahrscheinlich bei den auffällig wechselnden Formen vor, mit denen der rote Phosphor auftritt. Ich ziehe es hier auch deswegen heran,

²⁾ Auf solche beziehen sich die ohne Autornamen gegebenen Literaturhinweise.

³⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 27, 225, 1921.

⁴⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 18, 837, 1912.

⁵⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 18, 373, 1912.

weil neuerdings das Verhältnis von P_{rot} und P_{viol} mehrfach diskutiert wurde (Marckwald, Stock), ohne daß dabei Bildungsweisen von P_{rot} genügend berücksichtigt wurden, die es m. E. ausschließen, ihn als einfaches und einheitliches Polymerisationsprodukt anzusprechen.

P_{rot} entsteht aus P_4 -Dampf bei gewöhnlicher Temperatur sowohl durch Glimmentladung⁶⁾ als auch durch vorsichtige Oxydation mit Sauerstoff von sehr kleinem Druck⁷⁾. Der Mechanismus kann nur der sein, daß primär eine Aufspaltung von P_4 -Molekeln und eine Vereinigung der Spaltungsstücke untereinander oder mit ungespaltenen P_4 -Molekeln zu den Molekeln des roten Phosphors stattfindet. Dessen Verdichtung zu Teilchen wird von der anwesenden Gasart rein physikalisch in der vorher geschilderten Weise beeinflusst; aber das Medium muß auch auf die Reaktion $x P_4 + x P_2 \rightarrow (P_4)_x \cdot (P_2)_x$ oder $x P_2 \rightarrow (P_2)_x$ wirken und damit Einfluß auf die Molekulargröße haben, so daß hier chemische und rein morphologische Vorgänge eng ineinandergreifen zur Hervorrufung einer Reihe wechselnder Bildungsformen, an deren Ende der aus dem Schmelzfluß und auf andere Weise einheitlich kristallisiert erhältliche violette Phosphor stehen würde, wenn von weiteren Komplikationen abgesehen wird.

Die hier für Formungsvorgänge unter den extrem einfachen Verhältnissen in Gasphasen bezeichneten Faktoren machen sich im Prinzip mehr oder minder gleichartig auch bei Verdichtungen in anderen Medien geltend. Aus der gleichen Gold- oder Silberlösung werden mit verschiedenen Reagentien sehr verschiedene Metallfällungen erhalten, die dem Formtypus nach im wesentlichen wieder „Häufungsformen“ sind, deren Unterschiede aber durch die verschiedene Entwicklung und Art der Zusammenlagerung der Einzelteilchen bedingt werden. Maßgebend ist zuerst die Natur des Fällungsmittels, d. h. sein Reduktionspotential und seine Wirkungsgeschwindigkeit; doch kommen Einflüsse des Mediums hinzu, insbesondere solche bestimmter Ionenarten, die auf die Keimbildung und das Teilchenwachstum wirken und kapillarchemischer bzw. kapillarelektischer Natur sind.

Von diesen Objekten aus sind auch die Übergänge zu den kolloiden Zerteilungen ohne weiteres übersehbar, die hier ausdrücklich beiseitegestellt werden; bei ihnen gehört das Medium gewissermaßen mit zur Form, während die betrachteten Produkte auch getrennt von ihm etwas Spezifisches sind.

III.

Soweit die Formbildung einfach auf den Gesetzmäßigkeiten der Phasenbildung beruht, läßt sie sich nun noch unter einen andern Gesichtspunkt stellen, der zu einer gewissen Klassifikation führt und namentlich Prozesse abgrenzt, die besonders mannigfaltige und auffallende Produkte

liefern und vor allem die Formungsvorgänge in der Natur beherrschen.

Die Kernbildung ist ein rein molekular-kinetischer Vorgang, denn die Molekeln müssen in einer gewissen Zahl und Anordnung zusammen treffen, damit ein Kern entsteht; das Wachsen der Kerne aber ist an Phasengrenzen lokalisiert: Der Kern gliedert andere Molekeln an und kann nach der dreidimensionalen Gittersymmetrie fortwachsen. Solange die Keime gleichmäßig im Reaktionsraum verteilt sind, bleibt das Ganze eine *Raumreaktion*, deren Ergebnis „Häufungsformen“ der früher gekennzeichneten Art sind. Zu ausgesprochenen Bildungsformen, die schon in gewissem Sinne als „organisiert“ betrachtet werden können, führt es, wenn auch die Keimbildung örtlich gebunden ist, m. a. W., wenn Molekeln auf ihrer ersten Verdichtungsstufe durch irgendwelche Bedingungen in bestimmte Lage zueinander gezwungen werden. Wenn fester Stoff aus einer chemischen Reaktion hervorgeht, heißt das, daß diese Reaktion selbst lokalisiert ist.

Solche Vorgänge kann man — lediglich um sie von andersartigen zu unterscheiden — „topochemische“ nennen. Es gehören dazu zunächst viele Bildungsvorgänge fester Stoffe, weiterhin aber müssen zu ihnen Reaktionen gezählt werden, die an einem festen Stoff ansetzen, denn auch sie sind örtlich gebunden, und mit einer bestimmten Form sind bestimmte topochemische Bedingungen gegeben. Hier mündet der Gegenstand z. T. in die Kinetik heterogener Reaktionen aus, speziell die Reaktionsverzögerungen und -beschleunigungen auf morphologischer Grundlage, doch sollen hier vornehmlich einige Bedingungen und Folgen einer solchen Lokalisation bezüglich der Formentwicklung besprochen werden.

Der Übersichtlichkeit halber halten wir uns zunächst wieder an Vorgänge in Gasmedien.

Wenn verdünnte Metaldämpfe sich inmitten anderer Gase hinreichend langsam verdichten, so entstehen mitunter eigenartig zerfaserte oder verzweigte Gebilde. Sie sind der Ausdruck einer zerfahrenen, von ihrem Ziel — der Entwicklung eines einheitlichen Gitters — abgelenkten Kristallisation, weil die Ausscheidung zwar von einmal vorhandenen Keimen weitergeht, aber infolge der Störung durch das Medium immer neue Ansatzstellen erhält. Das Metall braucht dabei ursprünglich nicht als wirklicher Dampf vorhanden zu sein; es genügt der „Pseudogaszustand“, der sich vorübergehend ausbilden muß, wenn ein an sich nicht gasförmiger Stoff aus gasförmigen Verbindungen chemisch abgeschieden wird. Auf diese Weise lassen sich durch Erhitzen des etwas flüchtigen Schwefelsilbers in Wasserstoff oder Sauerstoff die in der Natur als „Haar-“ oder „Moos“-silber anzutreffenden Formen nachahmen, oder eigentümliche Wachstumsformen von Kupfer durch Reduktion seiner flüchtigen Halogenide erzeugen⁸⁾. Dieselben Reaktionen liefern, bei

⁶⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 20, 110, 1914.

⁷⁾ Ber. D. Chem. Ges. 47, 1088, 1914.

⁸⁾ Liebigs Annalen 390, 340, 1912.

höherer Dampfkonzentration rasch betrieben und etwa durch Erhitzung von außen an die Gefäßwandungen verlegt, zusammenhängende disperse Schichten aus feinsten Einzelteilchen, die ganz den Eindruck galvanischer Überzüge machen können und morphologisch tatsächlich das gleiche sind.

Damit kommen wir von selbst auf einen örtlich gebundenen Bildungsvorgang sehr typischer Art, die *elektrolytische Metallabscheidung*, bei der die ausschlaggebenden Verhältnisse recht übersichtlich und für die Stoffbildung aus Lösungen überhaupt aufschlußreich, zugleich aber von großer praktischer Bedeutung sind. Sie muß ja als ein Kristallisationsprozeß aufgefaßt werden, der sich von anderen nur dadurch unterscheidet, daß er an eine Fläche verlegt ist. Sein Ergebnis bestimmen daher, soweit Mechanismus und Bedingungen der Phasenbildung in Betracht kommen, dieselben Faktoren wie bei den vorher betrachteten Vorgängen: die Reaktionsgeschwindigkeit als Maß der Übersättigung, die nunmehr durch die Stromdichte gegeben ist, und die Beschaffenheit des Mediums, d. h. des Elektrolyten.

Spezifisch elektrochemische Faktoren, die vielleicht auch mitsprechen, sollen hier beiseite bleiben; dafür sei mehr Gewicht auf die stofflichen Einflüsse gelegt, um die Ergebnisse für chemische Erscheinungen auswertbar zu machen. Zu ihnen gehört zuerst die *Natur des Metalls*, besonders sein Kristallisationsvermögen, denn aus der Konkurrenz zwischen diesem und seinen Störungen gehen ja überhaupt die Bildungsformen hervor. Einzelne Metalle, z. B. Blei, besitzen eine ausgesprochene Neigung zur Bildung großer Kristalle; bei anderen ist die Fähigkeit zu kristallisieren an sich gering, wie bei den Metallen der Eisengruppe. Es handelt sich um eine individuelle Eigenschaft der Elemente, für die die Grundlage in der Atomstruktur vermutet werden kann; hier mag genügen, sie als Formungsfaktor hervorzuheben und festzustellen, daß einzelnen Atomarten eine besondere Empfindlichkeit, auf Störungen zu reagieren, eigen ist.

Zu letzteren zählt das schon von Haus aus nicht sehr kristallisationsfähige *Nickel*⁹⁾. Es läßt sich die Ansicht begründen, daß das Auftreten dichter glatter Nickelniederschläge durch eine Wasserstoffbelegung der Kathode veranlaßt wird, die auch die Wasserstoffüberspannung an Nickelkathoden verursacht und den in ihr entstehenden Metalniederschlag in derselben Weise dispers hält, wie die Gasadsorptionshäute bei den früher erwähnten Metallschichten von der Atomstrahlenzerstäubung. Der hohe Dispersitätsgrad bedingt dann wie dort eine spontane Strukturänderung durch Sammelkristallisation, die sich in messend verfolgbaren Kontraktionen und schließlich dem charakteristischen Abblättern von Nickelniederschlägen *mechanisch* auswirkt.

Die so hervorgerufene Form zieht aber auch

ein besonderes *chemisches* Verhalten nach sich, denn man kann auf sie die beträchtliche Erschwerung der Nickelabscheidung zurückführen, die sich in ihrer anomalen Polarisierung äußert. Wie feinste Stoffzerteilung den Dampfdruck und die Löslichkeit erhöht, so vermehrt sie auch den elektrolytischen Lösungsdruck; das frisch abgeschiedene Metall greift also mit einem anderen Druck in das elektromotorische Gleichgewicht und damit die rein chemisch als Reduktionsvorgang zu betrachtende Ausscheidung ein. Das mechanische und elektrochemische Verhalten wird in gleichem Sinne durch Depolarisationswirkungen beeinflusst; beide stehen also jedenfalls in einem Zusammenhang, und man sieht an diesem Beispiele, wie sich chemische Erscheinungen mit morphologischen verketten können.

Von der Lösung, also vom Medium, geht bei der Metallfällung mitunter ein Einfluß auf die Abscheidungsform durch die vorhandenen Anionen aus. Sein Ansatzpunkt entspricht möglicherweise jener Wirkung von Lösungsgenossen auf das relative Wachstum einzelner Flächen, so daß er wie dort auf ein chemisches Moment zurückzuführen würde.

Eine andere Wirkung von Lösungsbestandteilen kehrt die *Adsorption* als formbestimmenden Umstand hervor. Die bekannte glatte Abscheidung des Silbers aus cyankalischer Lösung beruht darauf¹⁰⁾, daß kolloides Silbercyanid, das im Gleichgewicht mit dem gelösten Komplexsalz steht, als Adsorptionsschicht auf der Kathode eine bestimmte Kernverteilung veranlaßt und das Kristallwachstum stört; in anderen Fällen übernehmen kolloide Hydrolyseprodukte dieselbe Funktion¹¹⁾. Die kolloiden Stoffe gehören dem Elektrolyten von Natur an; sie sind oft nur in Spuren zugegen und verraten sich bisweilen überhaupt erst durch ihren Einfluß auf die Abscheidung, aber sie differenzieren diese höchst charakteristisch durch ihre von einer Salzlösung zur anderen wechselnde Beschaffenheit. Bezeichnend ist, daß sie nur bei Beginn der Metallablagerung, ja u. U. bloß vorher, vorhanden zu sein brauchen. Auf einer Elektrode, die mit einer solchen Adsorptionsschicht versehen ist, wächst ein Niederschlag auch in Lösungen, die sonst grobkristalline Formen geben, mit der typischen Form weiter, die er nur in jenen kolloidhaltigen Flüssigkeiten erhält, so daß gewissermaßen eine Vererbung der Form durch Vermittlung derartiger Schichten möglich ist.

Die allgemeine Bedeutung dieser Erscheinungen ist, daß mit ihnen natürlich bei jeder Abscheidung fester Produkte aus Lösung zu rechnen ist.

Eine örtliche Bindung der Stoffbildung aus Lösung, die durchaus den Bedingungen an Elektroden entspricht und deren Folgen für die Formentwicklung hat, kann auf mannigfaltige andere Art zustande kommen. Sie liegt vor, wenn an der

⁹⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 24, 300, 1918. — Helv. chim. acta 3, 584, 1921; 4, 821, 1921; 5, 490, 573, 1922.

¹⁰⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 19, 181, 1913.

¹¹⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 19, 172, 1913.

Grenzfläche eines festen Stoffes unter Verbrauch seiner Substanz neue feste Körper entstehen; es sind die Verhältnisse, die z. B. bei der Rost- und Patinabildung bestehen und die Variabilität ihrer Produkte erklären. — Auch dadurch kann eine stoffbildende Reaktion aus dem Raume an eine Phasengrenze verlegt werden, daß von den Reaktionskomponenten eine oder mehrere adsorbiert werden. Dies ist der Kern z. B. der Spiegelsilberbildung, bei der im übrigen ein künstlicher chemisch-morphologischer Mechanismus die Reaktion bedingt¹²⁾. — Weiter können Grenzflächen eine Stoffausscheidung an sich fesseln, indem sie die zu ihr führende Reaktion durch nicht näher zu bestimmende Kontaktwirkung oder wiederum unter Beteiligung mit ihrer Substanz beschleunigen¹³⁾.

In allen diesen Fällen sind in letzter Linie die allgemeinen Faktoren der Phasenbildung für die Form ausschlaggebend; sie werden aber durch die topochemischen Umstände in Verbindung mit den rein chemischen Reaktionsbedingungen auf einen ganz bestimmten morphologischen Effekt abgestimmt, so daß die Form des Reaktionsproduktes in der Tat als ein Teil der Reaktion erscheint.

IV.

Von diesen Vorgängen in flüssigen Medien sei noch einmal zu einem solchen zurückgekehrt, bei dem aus der Gasphase in örtlich gebundener Reaktion typisch geformter Stoff entsteht; er schließt sich systematisch den vorausgehenden an, zeigt aber zugleich, wie die gewonnenen Gesichtspunkte und Erfahrungen das Verständnis für spezielle morphologische Objekte liefern.

An metallischen Kontaktflächen entsteht durch Zersetzung von Kohlenoxyd schon bei 500° Kohlenstoff, und zwar in graphitischer Form. Nun haben Debye und Scherrer die Raumgitterstruktur des Graphits ermittelt und gleichzeitig nachgewiesen, daß kein chemischer Unterschied zwischen amorphem Kohlenstoff und Graphit außer im Entwicklungsgrad des Gitters besteht. Über diesen schönen und sehr populär gewordenen Erfolg der Röntgenspektroskopie vergißt man leicht, daß die chemische Frage eigentlich erst hiermit beginnt. Denn einmal stellt Graphit mit seinen mannigfaltigen Ausbildungsformen einen bestimmten Typus von schwarzem Kohlenstoff dar, der als solcher abzugrenzen ist, ebenso wie das — trotz der unzweifelhaften Übergänge — für amorphe Kohle gilt. Außerdem sagt der kristallographische Konstitutionsbeweis nichts über die Bedingungen und den Mechanismus der Bildung beider Formen. Wodurch wird diese auf den graphitischen oder den rußartigen Typus gelenkt?

Durch ein großes Tatsachenmaterial¹⁴⁾ läßt sich die Anschauung belegen, daß überall Graphit entsteht, wo sich Kohlenstoff aus einer

Form molekularer Zerteilung durch Vorgänge abscheidet, die irgendwie örtlich gebunden sind, wie es insbesondere bei Reaktionen an Grenzflächen oder in Grenzschichten der Fall ist. Diese Auffassung schließt die Annahme ein, daß keine Allotropie besteht, und führt somit zum gleichen Resultat wie die Röntgenometrie; sie wird ihrerseits begründet durch das Debye-Scherrersche Strukturbild. Dieses liefert für die Graphitbildung die Bedingungen, daß 1. eine Verkettung von C-Atomen in lückenlos von Sechsringen bedeckten Ebenen, 2. eine Übereinanderlagerung solcher Ebenen unter vertikaler Verbindung durch die schwächeren vierten Valenzen stattfindet. Diese Bedingungen werden nun eben bei der Bindung der Reaktion an Grenzflächen verwirklicht. Wo die ausgedehntere Entwicklung des Gitters gestört wird, wie bei der Bildung im Raum, kommt es nicht zur Bildung von typischem Graphit, sondern das aus zusammengehaften Gitterbruchstücken bestehende Reaktionsprodukt stellt „amorphe“ Kohle dar.

Die nur an Kontaktflächen verlaufende Reaktion $2\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{CO}_2$ gibt demgemäß je nach der Ausgestaltung des Reaktionsortes „Graphit“ oder „Ruß“: Feinstes, lockeres Nickelpulver, das die CO-Spaltung katalysiert hat, läßt nach der Lösung in Säure Kohlenstoff von ganz rußartigem Eindruck zurück, eine glatte elektrolytische Nickelschicht dagegen einen dünnen Graphitbelag¹⁵⁾.

In dieser topochemischen Beförderung der Graphitbildung auf zunächst physikalisch-morphologischer Grundlage stecken auch bereits chemische Momente: nicht nur wird die Verkettung von Sechsringsystemen befördert und werden die schwachen nach oben und unten gerichteten Valenzen durch die örtliche Reaktionsbindung in ihrer Wirksamkeit unterstützt, sondern es wird offenbar auch schon der für den schwarzen Kohlenstoff charakteristische Ringschluß von CO aus, in dem ja C in atomistischer Isolierung vorliegt, an der Kontaktfläche topochemisch begünstigt. Vielleicht ist dies die Voraussetzung für alle ähnlichen Fälle, in denen man aus einfachen Verbindungen schwarzen Kohlenstoff erhält. Jedenfalls erweist sich die Graphitbildung als eine sehr charakteristische topochemische Reaktionsfolge, die noch weiter verlängert werden kann, wenn eine weitere Bildungsweise graphitischen Kohlenstoffs in die Betrachtung einbezogen wird, die zugleich zu einem anderen Typus örtlich gebundener Vorgänge überleitet.

Bekanntlich läßt sich Graphit durch gewisse Agentien zu „Graphitsäure“ oxydieren, ein Produkt, das äußerlich die Form des Ausgangsmaterials zeigt, jedoch eine hochdisperse Pseudomorphose darstellt. Die Substanz bildet sich nur aus „Graphit“, d. h. ihre noch unbekannten Molekularverknüpfungen werden durch die strukturelle Eigenart des graphitischen Kohlenstoffs mit

¹²⁾ Lieb. Ann. 387, 86, 1912.

¹³⁾ Ber. D. Chem. Ges. 54, 196, 1921. — Zeitschr. f. Elektroch. 14, 49, 1908.

¹⁴⁾ Zeitschr. f. allg. u. anorgan. Ch. 105, 35, 1918.

¹⁵⁾ Helv. chim. acta 4, 821, 1921.

seinen ausgedehnten und übereinandergelagerten Sechsringebenen herbeigeführt. Beim Erhitzen entsteht aus ihr unter Versprühen ein samt-schwarzer, äußerst lockerer *Koll.* der chemisch als Graphit, aber als ein — man möchte sagen — bis zu den Elementarkörpern pulverisierter Graphit, angesprochen werden muß. Erfolgt diese Zersetzung unter nur mäßigem mechanischem Druck, so kann es wieder zu einer vollkommeneren Gitterentwicklung kommen und das Produkt zeigt auch als Masse graphitische Eigenschaften¹⁶⁾.

Bildungsvorgänge, die sich als Ab- oder Umbau von Gitteranordnungen vollziehen, können auch sonst zu besonderen Formen führen und chemische Vorgänge beeinflussen. Ihr topochemischer Charakter wird anschaulich, wenn auf die schon einmal herangezogene Vorstellung vom „Pseudogaszustand“ zurückgegriffen wird, der auch im Momente des Zusammenbruchs eines Raumgitters bestehen muß, insofern dann die einzelnen Bestandteile in molekularer Aufteilung vorhanden sind, ohne die kinetische Energie zu deren Aufrechterhaltung zu besitzen. Infolgedessen verdichten sie sich um gewisse Zentren, und der Stoff ordnet sich in disperser Form im Raum des ehemaligen Kristalls. Der Zerteilungsgrad, bei dem er festgehalten wird, und die Art der Zusammenfassung der letzten Teilchen zu größeren Einheiten wird offenbar durch die ursprüngliche Verteilung im Raumgitter geregelt. Die einfachsten Beispiele liefert die thermische Zersetzung von Verbindungen mit gasförmigen Bestandteilen. Die äußeren Bedingungen, unter denen der Prozeß sich abspielt, und die Gegenwart anderer Stoffe, die Funktionen eines Mediums übernehmen, pflegen aber den Grundvorgang im Effekt stark zu überlagern¹⁷⁾.

Jener tritt daher vielfach ungestörter in die Erscheinung, wenn der topochemische Kristallabbau nicht aus dem Innern heraus erfolgt, sondern die Reaktion von außen, gleichmäßig Schicht um Schicht erfassend, in den Kristall eindringt¹⁸⁾. Diese Bedingung läßt sich erfüllen, wenn eine kristalline Verbindung in einer geeigneten Reaktionsflüssigkeit unter Bildung eines schwerlöslichen Produktes in der Weise umgesetzt wird, daß der Zutritt des Reagens und der Austritt löslicher Nebenprodukte ungehindert bleiben. Die äußere Form der Kristalle wird dann u. U. völlig erhalten und beweist, daß der neue Stoff den Raum in gleichmäßiger disperser Verteilung erfüllt, die in erster Linie von derjenigen im ursprünglichen Gitter abhängt, wenn auch die sonstigen Umstände mit den oben behandelten Ansatzstellen ihre Wirkung üben. Der Effekt läßt sich, soweit er den Verteilungszustand des Stoffes in den Pseudomorphosen betrifft, u. a. an den Umsetzungsprodukten, die beim Eintragen verschiedener Kupfersalze in Natronlauge entstehen,

unmittelbar beobachten¹⁹⁾, doch beschränkt sich der Einfluß der mit der kristallinen Substanz wechselnden topochemischen Bildungsbedingungen nicht auf die Hervorrufung einer verschiedenen Dispersität für das entstehende Kupferhydroxyd. Die Kompression, unter der gewissermaßen die Neubildung des Stoffes vor sich geht, kann auch chemische Kondensations- und Polymerisationsvorgänge befördern, die auf dem verschiedenen Grade der Annäherung und der Art der Lagerung der Molekeln in den Teilchen beruhen. Dies äußert sich speziell bei $\text{Cu}(\text{OH})_2$ in der Geschwindigkeit des spontanen Übergangs in CuO , bei anderen Stoffen — z. B. $\text{Al}(\text{OH})_3$, wo die Molekularformel und der chemische Charakter der Verbindung besondere Angriffspunkte für eine Kondensation unter Wasseraustritt bietet — in verschiedenen chemischen Verhalten der Produkte.

Ein interessanter Fall solcher topochemischer Reaktionsbeeinflussung liegt beim *Bleioxyd* vor²⁰⁾, das bekanntlich in einer gelben und einer roten Modifikation existiert.

Beide Formen können bei Raumtemperatur aus der gleichen Lösung erhalten werden, wo die gelbe Form die unbeständige ist. Letztere entsteht dann immer aus molekulargelöstem $\text{Pb}(\text{OH})_2$, die rote immer aus dem primär sich bildenden, ebenfalls instabilen festen Hydrat $3 \text{PbO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ durch pseudomorphen Abbau. — spontan, wenn dieses in geeigneter Dispersität auftritt, — durch mäßiges Erhitzen aus größeren Individuen. Dabei wird die gelbe Stufe überschlagen; durch eine bestimmte Form wird also ein Widerstand beseitigt, der sich sonst der Annahme des den Stabilitätsbedingungen entsprechenden Zustandes entgegenstellt; die Form, mit der der Stoff in die Reaktion eintritt, lenkt m. a. W. den Reaktionsverlauf zu einem bestimmten Produkt, und zwar auf einer chemischen Grundlage, denn es liegt nahe, die Molekularverschiedenheit des gelösten und festen Hydrates in den beiden Oxyden als erhalten zu betrachten.

V.

Der Sinn des Studiums topochemischer Vorgänge von der Art der pseudomorphen Umwandlungen wird deutlich, wenn man bedenkt, daß hier Erscheinungen dem Auge und dem Mikroskop zugänglich werden, die man sich wegen der kontinuierlichen Abstufung der Dispersität auch ins ultramikroskopische Gebiet fortgesetzt vorstellen muß.

Was hier gemeint ist, wird anschaulich illustriert durch Beobachtungen über die Umwandlung des elementaren *Arsens*²¹⁾.

Von dessen beiden Modifikationen tritt die gelbe, reguläre, höchst unbeständige Form

¹⁶⁾ Zeitschr. f. allg. u. anorg. Ch. 105, 121, 1918. Dort auch Figuren.

²⁰⁾ Ber. D. Chem. Ges. 56, 275, 1923.

²¹⁾ Lieb. Ann. 400, 268, 1913. — (Vgl. die Abbildungen.)

¹⁶⁾ Zeitschr. f. allg. u. anorg. Ch. 105, 121, 1918.

¹⁷⁾ Liebigs Ann. 398, 1, 1913.

¹⁸⁾ Zeitschr. f. allg. u. anorg. Ch. 105, 1, 1918.

(D. ca. 2) immer zuerst bei der Verdichtung aus dem molekularen Zustand auf, um sich sehr schnell in die metallische hexagonale (D. 5,7) umzuwandeln. Mit ihr werden die zahlreichen Bildungsformen des metallischen Arsens, das man als schwarzen dispersen Spiegel, als braune Fällung oder kolloide Zerteilung, als grauschwarzen Rauch usw. erhält, im Rohbau angelegt. Infolge des Zusammenbruchs des regulären Gitters stellt dann jedes Strukturelement einer solchen ein disperses Metallkorn dar, dessen Teilchen auf Grund der Stoffverteilung im ursprünglichen Kristall in eine bestimmte Anordnung gebracht sind. An größeren Individuen kann man die hierdurch bedingte regelmäßige Deformation der Pseudomorphosen unmittelbar beobachten, die auch an ultramikroskopischen Teilchen vorhanden sein muß. Man erkennt also eine Dispersität, die diejenige der ersten Bildungsform unterlagert, und kann auf die Struktur von „Mizellen“ extrapolieren, — diesen Begriff im Sinne der neueren Kolloidchemie gebraucht, d. h. zur Bezeichnung von Teilchen disperser Gebilde soweit ihre Struktur und Zusammensetzung in Betracht kommt.

Hiermit berühren wir ein besonderes, vielleicht das wichtigste Gebiet topochemischer Vorgänge, das der *Mizellarreaktionen*, denn strukturierte Mizellen liegen auch den wirklich oder scheinbar amorphen Bildungsformen zugrunde, die als Niederschläge aus Lösungen ausfallen, — von natürlichen Produkten ganz abgesehen, und als natürlich geformte Körper müssen die Mizellen als Erzeugnisse ihres Bildungsvorganges und als Ausgang weiterer chemischer Erscheinungen betrachtet werden.

Über die Bildung von Niederschlägen hat unlängst Haber²²⁾ wichtige Erwägungen angestellt und dargelegt, daß zwei Faktoren die Niederschlagsform bestimmen: die „Häufungsgeschwindigkeit“ und die „Ordnungsgeschwindigkeit“, deren Verhältnis bei sonst gleichen Bedingungen von der Bildungsgeschwindigkeit abhängt.

Dies tritt in die Erscheinung, wenn derselbe Stoff nach der gleichen Reaktion, nur unter Wechsel einzelner bestimmender Umstände, hergestellt wird. Produkte, die auf diese Weise in verschiedener Form erhalten werden, kann man als „homologe“ Bildungsformen bezeichnen²³⁾. Solche homologe Formen lassen sich z. B. durch elektrolytische Fällung von Metallhydroxyden erzeugen, wo die Stromdichte den abstufenden Faktor in die Hand gibt. Ihre Unterschiede lassen sich verfolgen an der Sedimentationsgeschwindigkeit, für die die Größe der Mizellen und ihre Zusammenfassungen sowie die Differenz ihrer Dichte gegen das Medium maßgebend sind, denn verschiedene Mizellen enthalten festen Stoff und Flüssigkeit in verschiedenem Verhältnis.

Die Mizellen treten aber auch als *morphologische Einheiten* in Reaktionen ein. Wenn dabei von verschiedenen Bildungsformen aus aber-

mals feste Stoffe entstehen, so sind die Reaktionsprodukte infolge der örtlichen Bindung des Vorgangs an die Mizellen wiederum als Bildungsformen unterscheidbar, die beim Ausgang von einer Reihe homologer Formen mit diesen korrespondieren; es sind „substituierte“ Bildungsformen, die ihren Charakter von den ursprünglichen Körpern empfangen, so daß diese sich gewissermaßen als chemische Individuen verhalten. So lassen sich z. B. aus homologen Bildungsformen von $\text{Cu}(\text{OH})_2$ durch chemische Umsetzung Reihen von CuO -, Cu_2S -, Cu_2O - usw. Formen mit den morphologischen Unterschieden der zugehörigen Ausgangssubstanz gewinnen.

Zu den chemischen Vorgängen, in die die Mizellen als solche eingehen, gehören viele *Peptisationen*. Die in festen dispersen Produkten vorgelassenen Mizellen reagieren mit dem Kolloidierungsmittel nach Art großer Molekeln und verteilen sich in der Flüssigkeit in solcher Weise, daß der Prozeß als eine Vorstufe vollständiger chemischer Auflösung angesehen werden kann.

Einer solchen Kolloidierung unterliegen z. B. auch die pseudomorphen Abbauprodukte kristallisierter Substanzen. Hierin drückt sich nicht nur ihr disperser Charakter aus, sondern die Unterschiede der aus verschiedenen Pseudomorphosen entstehenden Sole verraten zugleich die Verschiedenheit der chemischen und physikalischen Verdichtungs Zustände, in denen das disperse Material bei Herstellung aus verschiedenen Kristallarten infolge wechselnder topochemischer Bedingungen auftritt²⁴⁾.

Auch innerhalb der Mizellen können sich chemische Vorgänge abspielen, die unter besonderen Bedingungen der örtlichen Reaktionsbindung stehen, denn die Mizellen sind eben selbst geformte disperse Gebilde, die Teile des Mediums mit den darin enthaltenen Fremdstoffen einschließen.

Eine solche intramizellare Reaktion ist die spontane Entwässerung von gefälltem $\text{Cu}(\text{OH})_2$, die in verschiedenen Mizellen unter Konservierung ihrer Form mit verschiedener Geschwindigkeit vor sich geht. Dem chemischen Mechanismus nach handelt es sich um eine amphotere Neutralisation, auf deren Verlauf und Ergebnis die verschiedene Lagerung und Annäherung der $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -Molekeln in den Mizellen Einfluß hat²⁵⁾.

Als ein anderer Fall dürfte die Kristallbildung in kolloiden Metallösungen (Ag, Au) anzusprechen sein, die auf dem Umwege über umkehrbare Reaktionen mit Ionen in den Mizellen ($\text{Ag} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Ag}_2^+$ und $\text{Ag} + \text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Fe}^{2+}$) zustande kommt²⁶⁾.

Schließlich sind die Mizellen als *körperliche disperse Gebilde* osmotischen und kapillaren Wirkungen zugänglich; sie können Quellungen er-

²²⁾ F. Haber, Ber. D. Chem. Ges. 55, 1717, 1922.

²³⁾ Zeitschr. f. Elektroch. 29, 30, 1923.

²⁴⁾ Zeitschr. f. Elektroch. 22, 145, 1916. — Zeitschr. f. allg. u. anorg. Ch. 105, 1, 1918.

²⁵⁾ Zeitschr. f. allg. u. anorg. Ch. 111, 193, 1920.

²⁶⁾ Zeitschr. f. Elektroch. 28, 554, 1922.

fahren und, wenn sie membranartig abgegrenzt sind, als osmotische Zellen fungieren. Auf dieser Grundlage entwickeln sich z. B. die charakteristischen Erscheinungen bei der Ablöschung gebrannten Kalkes, die einerseits von der Bildungsform des benutzten CaO bedingt sind, andererseits in vielen Einzelheiten die Besonderheiten ihrer Struktur zutage treten lassen²⁷⁾. Gerade die dispersen pseudomorphen Umwandlungsprodukte, zu denen auch der Kalk gehört, bieten die Voraussetzungen für ein solches Ineinandergreifen chemischer, kapillarchemischer und osmotischer Effekte.

Dies ist endlich deswegen von Interesse, weil es der Weg ist, auf dem eine höchst eigenartige Gruppe von Bildungsformen entsteht: die jener gegliederten, vielfach höchst symmetrisch und zierlich gestalteten Individuen, die man z. B. leicht mit CaCO_3 erhält. Sie haben nichts mit Kristallformen zu tun, haben vielmehr immer zu Vergleichen mit Organismen verlockt und sind von biologischer Seite häufig als Modelle oder wohl gar Grundlagen organismischer Bildungen bearbeitet worden; es sei nur an die Untersuchungen Bütschlis erinnert. Tatsächlich sind es „organisierte“ Formen im früher gekennzeichneten Sinne; denn sie sind verursacht durch eine mit der Bildungsreaktion gegebene Abstimmung

von Kernverteilung und Wachstumsbeeinflussung in Verbindung mit chemischen, osmotischen und kapillaren Veränderungen, die von primär entstehenden Formen ausgehen. Solche Ausbildungsformen dienen vielfach, z. B. in der Mikroanalyse, als Merkmal spezieller Stoffarten, die Form ist aber nicht der Ausfluß ihrer chemischen Natur, sondern eine Folge der Bedingungen, unter denen sie entsteht. —

So bedingen sich chemische Vorgänge und Form der Stoffe gegenseitig in der mannigfaltigsten Weise. Die behandelten Beispiele sollten die Tatsache beleuchten und andeuten, von welchen Seiten her die Zusammenhänge zugänglich werden. Ihre Berücksichtigung wird nicht nur die Beurteilung chemischer Erscheinungen fördern, sondern kann auch die Lösung bestimmter Aufgaben unterstützen. Insbesondere sei noch einmal hervorgehoben, daß für den größten Teil der stoffferzeugenden Naturprozesse und für sehr viele Darstellungsverfahren der Praxis topochemische Reaktionsbedingungen das Bezeichnende sind. Es erscheint daher nicht undenkbar, daß durch die bewußte Einführung solcher Bedingungen in die Synthese von Naturprodukten der Unterschied behoben werden kann, der jetzt noch vielfach zwischen dem künstlichen und natürlichen Erzeugnis besteht.

²⁷⁾ Helv. chim. acta 6, 337, 1923.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Zur Quantentheorie der Dispersion.

C. G. Darwin hat kürzlich (Nature 110, 841, 1922; Proc. Nat. Acad. Amer. 9, 25, 1923; Nature 111, 771, 1923) einen Versuch einer Quantentheorie der Dispersion veröffentlicht, welcher im ersten Augenblick trotz mancher Schwierigkeiten einen sehr bestechenden Eindruck hinterläßt. Für seine Betrachtungen ist die Annahme wesentlich, daß die Wellentheorie im freien Vakuum Geltung hat. Er betrachtet die von der Strahlung beeinflussten Gasmoleküle (Atome) als ruhend und läßt sie nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen befähigt werden, sekundäre Kugelwellen auszusenden, deren Frequenzen mit den Quantenspektralfrequenzen der Moleküle (Atome) übereinstimmen. Weitgehend unabhängig von der genauen Fassung gewisser Einzelheiten gelangt man dann zu einer Dispersionsformel, welche — und das ist der wesentliche Fortschritt — an Stelle der klassisch-elektromagnetisch-mechanischen Eigenfrequenzen der Molekülsorte deren Quantenfrequenzen enthält. Der Schreiber dieser Zeilen hat unabhängig von Darwin bereits vor längerer Zeit ganz ähnliche Versuche unternommen, Dispersionsformeln von der angegebenen Bauart zu konstruieren (angekündigt Wien. Anz. 1922, S. 79, auch abgedruckt Naturwissenschaften 11, 411, 1923); seine Ergebnisse scheinen ihm aber aus Gründen unbrauchbar, die Darwin nicht für sehr schwerwiegend zu halten scheint. Wie nämlich auch Darwin gefunden hat, gelingt es auf dem oben angedeuteten Wege nicht, die Unverletzlichkeit eines stationären Energiegleichgewichtes zwischen Strahlung und Materie sicherzustellen. Der Zweck vorliegender Zeilen ist es, diesen Punkt sowie die Frage der Wellentheorie näher zu beleuchten und einen Weg zu weisen, der berechnete Ansichten für die Lösung dieser Schwierigkeiten zu bieten scheint.

1. Was die Wellentheorie anbetrifft, so ist vielfach die Meinung verbreitet, daß man sie außerhalb der Quantenatome unbedenklich als gültig ansehen und im Zusammenhänge damit die elementaren Strahlungsprozesse als periodisch auffassen könne. Abgesehen von der Problematik einer Aussage, die sich grundsätzlich nur auf das Vakuum bezieht und daher experimentell unkontrollierbar bleiben muß, scheint auch das Bohrsche Korrespondenzprinzip nicht zu ihren Gunsten zu sprechen. Um dies einzusehen, braucht man sich nur zu vergegenwärtigen, daß in der Maxwell-Lorentzschen Elektrodynamik die Periodizität der ausgestrahlten Welle durch die Periodizität der Schwingungsbewegung von speziell als quasielastisch gebunden vorausgesetzten Elektronen verursacht wird (quasielastisch, damit die Schwingungsfrequenz energieunabhängig wird). Die Frequenz dieser Schwingung ist hierbei das Primäre für die Welle, nicht die Wellenlänge, welche erst durch die Geschwindigkeit der Lichtausbreitung ihre Bedeutung erhält. Wie die Bohrsche Frequenzbedingung zeigt, kann der elementare Strahlungsvorgang in der Quantentheorie zunächst auch nur durch die in ihr auftretende, als „Frequenz“ bezeichnete Zahl von der Dimension sec^{-1} gekennzeichnet werden und nicht durch eine „Wellenlänge“. Da diese Zahl jedoch grundsätzlich verschieden ist von den mechanischen Frequenzen, welche die periodische oder quasiperiodische Innenbewegung der Atome in ihren stationären Zuständen charakterisieren, kann aus dieser Periodizität hier nicht mehr auf eine solche der ausgesandten Strahlung geschlossen werden. Führt man nun den Grenzübergang zu „langen“ Wellen aus, so ergibt sich nach dem Korrespondenzprinzip, daß die in der Bohrschen Frequenzbedingung auftretende „Frequenz“-Zahl asymptotisch gegen eine mechanische

Schwingungsfrequenz der inneren Bewegung des betrachteten Atomsystems konvergiert. Der Schluß von der Periodizität der letzteren auf jene des Strahlungsvorganges bleibt also auch hier *prinzipiell* unausführbar.

2. Wie die bekannte Einsteinsche Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes für beliebige Atomsysteme beweist, existiert in ruhende Moleküle oder Atome ein Energiegleichgewicht mit der Strahlung nur dann, wenn die ersteren *monochromatisch*, und zwar *ausschließlich* von Strahlung ihrer eigenen Spektralfrequenzen beeinflusst werden. Es läßt sich leicht einsehen, daß die von Einstein hierzu eingeführten Annahmen die *einzige* möglichen sind, wenn man sich auf jenen Geltungsbereich der Einsteinschen Ableitung beschränkt, in dem die Annäherung an hier möglicherweise waltende, bislang noch unbekannte Kausalgesetze durch Wahrscheinlichkeitsannahmen als hinreichend betrachtet werden kann. Dann sagt die Einsteinsche Ableitung aber ferner aus, daß jede Strahlungsbeeinflussung von beliebiger, Dispersion erzeugender Frequenz bei ruhenden Molekülen notwendig zu einem Widerspruch mit dem zweiten Hauptsatz der makroskopischen Strahlungsthermodynamik führen muß. Mit diesem Ergebnis scheint aus — selbst abgesehen von jedem auf die Benutzung der Wellentheorie gegründeten Einwand — der oben erwähnten Darwinschen und jeder ähnlichen Dispersionsbetrachtung das Urteil gesprochen. Die obige Feststellung, daß es bei Darwins und des Verfassers bisherigen Versuchen nicht möglich gewesen ist, die Unverletzlichkeit des Energiegleichgewichtes zwischen Strahlung und Materie sicherzustellen, muß also jetzt dahin erweitert werden, daß ein derartiges Gleichgewicht bei ruhenden Atomen und Molekülen *prinzipiell unmöglich* ist.

3. Mit dieser Erkenntnis scheint die Frage nach einer Quantentheorie der Dispersion nach einer ganz bestimmten Richtung hin gefördert: *Ohne Mitberücksichtigung der Translationsbewegung kein Dispersionsstrahlungsgleichgewicht!* Welche Bedeutung dieser Feststellung im Hinblick auf die rein thermischen Wirkungen an bestrahlter Materie zukommt (der eigentliche Gegenstand der Wärmestrahlung ist in letzter Zeit ziemlich aus der Mode gekommen!), bedarf wohl keiner näheren Erläuterung. Die gleiche Folgerung hätte, wenn auch weniger bündig, im Anschluß an Einsteins bekannte Impulsleichgewichtsbetrachtung gezogen werden können; da hier aber bekanntlich auch schon bei den Spektrallinienfrequenzen auf den Einfluß der Translationsbewegung Rücksicht genommen werden muß, wäre sie hier in weniger durchsichtiger Form erhalten worden.

4. Die Einsteinsche Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes bezieht sich streng genommen nur auf ein Strahlungsfeld, in welchem keine anderen als die Spektralfrequenzen der gerade benutzten Sorte von Atomen oder Molekülen vertreten sind; alle übrigen Frequenzen, welche zu Dispersionsvorgängen Anlaß geben müßten, werden ja durch die Ableitung, welche u. a. die Bohrsche Frequenzbedingung liefert, von selbst ausgeschlossen. Für die erstgenannten Frequenzen zeigt Einstein, daß mit jedem elementaren Emissions bzw. Absorptionsvorgang, bei welchem nach der Frequenzbedingung der Energiebetrag $h\nu$ umgesetzt wird, auch der Umsatz von gerichtetem Impuls $\frac{h\nu}{c}$ verknüpft ist. Da das Folgende aus der Einsteinschen Darstellung nicht unmittelbar ersichtlich wird,

möge hervorgehoben werden, daß die Existenz eines solchen, bei der Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie auftretenden, gerichteten Impulses bereits aus dem Wienschen Verschiebungsgesetze gefolgert werden kann, abgesehen von seiner absoluten Größe also nicht als quantentheoretische Folgerung angesehen zu werden braucht. Aus dem Strahlungsgesetze, das man zu diesem Zwecke für beliebige Dispersionsfrequenzen als empirisch gegeben ansehen kann, ergibt sich mit Benutzung dieses Umstandes, daß die Beträge $h\nu$ und $\frac{h\nu}{c}$ bei der Wechselwirkung von Strahlung ganz beliebiger Frequenz mit Materie die gleiche Rolle spielen müssen wie bei Spektrallinienstrahlung.

5. Diese Feststellung ermöglicht es, auf das Vorkommen einer neuen Art von Quantenübergängen unter dem Einfluß monochromatischer Strahlung zu schließen, welche im folgenden der Einfachheit halber als „Translationsquantenübergänge“ bezeichnet werden mögen. Für jedes Atom oder Molekül, das sich in seinem m ten Quantenzustande mit der Energie E_m befindet und eine gegen die Einfallsrichtung des Lichtes beliebig orientierte Translationsgeschwindigkeit v besitzt, existiere eine gewisse Wahrscheinlichkeit $C_{m,v}^{n,v'}$, in der Zeiteinheit unter dem Einfluß von Strahlung einer beliebigen Frequenz ν aus dem m ten in den n ten Quantenzustand überzugehen, seine Translationsgeschwindigkeit nach Richtung und Größe (v') zu verändern und gleichzeitig eine Sekundärstrahlung von der Frequenz ν' auszusenden. Sieht man den Energie- und Impulssatz für einen derartigen Vorgang als *exakt* gültig an, so ist leicht einzusehen, daß der mit der Aussendung der Strahlung von der Frequenz ν' verbundene Rückstoß $\frac{h\nu'}{c}$ eine andere Richtung haben wird, als der bei der „Absorption“ von $h\nu$ aufgetretene $\frac{h\nu}{c}$. Der Energiesatz z. B. ergibt bei Vernachlässigung der Relativitätskorrekturen, wenn M die Masse des Moleküls bedeutet, die Bedingung:

$$\frac{Mv^2}{2} + E_m + h\nu = \frac{Mv'^2}{2} + E_n + h\nu' \quad \dots (1)$$

ν' kann im allgemeinen größer oder kleiner sein als ν . Man überzeugt sich leicht, daß solche „Translationsquantenübergänge“ das Strahlungsgleichgewicht nicht zu stören vermögen, wenn zu jedem derartigen Vorgange auch die Existenz des inversen vorausgesetzt wird. Wegen der durch sie bewirkten Richtungsänderung der Strahlung soll im Falle $m = n$ von normaler Zerstreuung, bei $m \neq n$ von anomaler Zerstreuung gesprochen werden. Die letztere geht ersichtlich in echte Absorption bzw. Emission durch Einstrahlung (Einstein) über, wenn $\nu' = 0$, bzw. $\nu = 0$, oder:

$$\left. \begin{aligned} h\nu + \frac{Mv^2}{2} + E_m &= \frac{Mv'^2}{2} + E_n \quad (E_n > E_m) \\ \text{bzw.} \quad \frac{Mv^2}{2} + E_m &= \frac{Mv'^2}{2} + E_n + h\nu' \quad (E_n < E_m) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

vernachlässigt man nämlich die Translationsglieder, welche, wie Schrödinger gezeigt hat, den Dopplereffekt ergeben, so werden diese Beziehungen einfach mit der Bohrschen Frequenzbedingung identisch. Wie aus dem nahen Zusammenhang zwischen Zerstreuung und Dispersion hervorgeht, wird man erwarten dürfen, durch geeignete Verfügung über die Größen $C_{m,v}^{n,v'}$ zu einer neuen Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes

und eine *quantentheoretischen Deutung der Dispersion* gelangen zu können. Man sieht auch ohne nähere Rechnung, daß in den Gleichgewichtsformeln an individuellen Konstanten außer gewissen Mittelwerten der Größen $C_{m, \nu}^{\nu'}$ nur die durch die *kritischen Spektralfrequenzen* (2) der Moleküle gekennzeichneten Energiedifferenzen auftreten können; das Eingehen der letzteren und nicht irgendwelcher mechanischer Schwingungsfrequenzen in die Dispersionsformel erscheint dann bereits von vornherein einigermaßen gesichert, wie es die experimentelle Erfahrung verlangt. Der Verfasser möchte sich vorbehalten, auf diese und einige weitere, im Zusammenhang mit den jüngsten Betrachtungen von *Ludenburg* und *Reiche* (Naturwissenschaften 11. 584, 1923) naheliegende Fragen demnächst an anderer Stelle ausführlicher zurückzukommen und hofft dann auch über die Ableitung der Dispersionsformel selbst einiges Nähere mitteilen zu können.

6. Im Vorangehenden wird also der Standpunkt vertreten, daß sich die Dispersionsphänomene im wesentlichen allein auf Grund von Energie- und Impulsbilanzen verstehen lassen werden, von der unerläßlichen Benutzung der klassischen Theorie im Grenzfall „langer“ Wellen natürlich abgesehen. Wenn er sich in dem angedeuteten Sinne als durchführbar erweist, wäre dargetan, daß hier entgegen den eingangs erwähnten Versuchen die Begriffsbildungen der Wellentheorie und namentlich die Frage der Lichtausbreitung keine Rolle spielen. Eine starke Stütze für ihn bilden die Ergebnisse über die *Zerstreuung hinreichend kurzwelliger Röntgenstrahlen*, insbesondere die hierbei festgestellte *Frequenzerniedrigung* der seitlich zerstreuten Sekundärstrahlung; die sehr erfolgreichen Theorien dieser Erscheinung von A. H. *Compton* (Phys. Rev. 21, 483, 1923) und P. *Debye* (Phys. ZS. 24, 161, 1923) gehen aus obigen Ansätzen für sehr große Werte von ν und ν' direkt hervor. Zweifellos wird man bei diesen und den vorgeschlagenen Anwendungen von Energie- und Impulssatz in der Folge nicht stehen bleiben können. Es hat den Anschein, als ob mit jeder beliebigen Richtungsänderung eines Lichtstrahles Vorgänge von ganz ähnlicher Beschaffenheit verknüpft sein würden, wie die oben beschriebenen „Translationsquantenübergänge“. Die formale Anwendung der Einsteinschen Impulsfolgerung ergäbe dann *grundsätzlich eine Frequenzänderung bzw. -erniedrigung des Lichtes bei jedem Reflexions-, Brechungs- und Beugungsvorgange*, eine Konsequenz, auf welche in etwas speziellerer Weise bereits W. *Duane* (Proc. Nat. Acad. Amer. 9, 158, 1923) unabhängig von den oben behandelten Fragen aufmerksam gemacht hat. Eine genauere Prüfung zeigt, daß die dadurch bedingten Abweichungen von der klassischen Wellentheorie unter den günstigsten experimentellen Umständen interferometrisch sogar bequem meßbar gemacht werden können müßten. Bis zu einer Verwirklichung derartiger Zukunftshoffnungen, welche in mancherlei Hinsicht geeignet wären, das Dogma von der Unentbehrlichkeit wellentheoretischer Überlegungen in der Optik der Reflexion und Interferenz zu zerstören, ist aber vielleicht noch ein sehr weiter Weg.

Wien, den 15. September 1923.

Universität, II. Phys. Inst. Adolf Smekal.

Zur Theorie des Phänomens der Blutkörperchensenkung.

Das bereits den alten Ärzten bekannte, von *Fahraus* wiederentdeckte Phänomen der beschleunigten

Senkung der roten Blutkörperchen bei der Schwangerschaft und bei zahlreichen Krankheiten hat außer durch *Fahraus* eine besonders eingehende theoretische Erforschung durch die Höbersche Schule erfahren. Es steht fest, daß die beschleunigte Blutkörperchensenkung (BKS.) Hand in Hand geht mit einer Vermehrung des Anteils der Globuline im Plasma bzw. mit einer Verringerung der Stabilität dieser Eiweißkörper. Am langsamsten geht die BKS. in einer Albuminlösung vor sich, stärker wirken die Globuline und unter diesen am stärksten das Fibrinogen. Es ist ferner nachgewiesen, daß bei der BKS. eine Verklebung der Erythrozyten sowie eine Verringerung ihrer elektrischen Ladung stattfindet. Durch die folgende Auffassung sucht die Höbersche Schule diesen Tatsachen gerecht zu werden: Die roten Blutkörperchen sollen je nach dem relativen Anteil der verschiedenen Eiweißkörper in dem betreffenden Milieu mehr oder weniger von diesen adsorbieren und dadurch deren physikalisch-chemischen Charakter, insbesondere deren Flockungstendenz, annehmen. Die Flockungstendenz der Plasmaeiweiße wird ihrerseits als eine Funktion der Lage ihrer isoelektrischen Punkte (IEP.) angesehen, derart, daß das am wenigsten stabile Fibrinogen seinen IEP. näher am Neutralen haben soll, als das stabilere Serumglobulin, dessen IEP. wiederum weniger weit im Sauren liegt, als der des noch stabileren Albumins, während der IEP. der Erythrozyten selbst am weitesten im sauren Gebiet liegt. Eine Anreicherung der Erythrozytenoberfläche mit Fibrinogen muß daher nach dieser Theorie die stärkste Entladung des roten Blutkörperchens bewirken. Und da die elektrische Ladung maßgebend ist für die Suspensionsstabilität, so muß das Fibrinogen auch die stärkste BKS. herbeiführen. Während nun für den IEP. des Albumins und des Globulins verlässliche Daten vorlagen, fehlten diese bisher für das Fibrinogen. Bei meinen Untersuchungen über Blutgerinnung nahm ich nun eine Bestimmung dieser Größe vor und fand zu meiner Überraschung, daß der IEP. des Fibrinogens praktisch fast an derselben Stelle liegt wie der des Albumins, also weiter im sauren Gebiet als der des Globulins, was sich mit der soeben skizzierten Theorie in ihrer augenblicklichen Form nicht gut verträgt. Durch eine kleine Modifikation derselben, zu der ich auf Grund weiterer Beobachtungen gekommen bin und die ich hier zur Diskussion stelle, kommt man vielleicht etwas weiter. Ich fand, daß der IEP. des Fibrins — des bei der Blutgerinnung entstehenden Umwandlungsproduktes des Fibrinogens — am weitesten nach dem Neutralen zu liegt; ferner wurde ich zu der Vorstellung geführt, daß die Gerinnung des Fibrinogens durch das sog. Fibrinferment (das Thrombin) nur ein Weg ist, um das Fibrinogen in Fibrin überzuführen, daß hierzu u. a. aber auch die katalytische Wirkung gewisser Membranen fähig ist. Mir scheint nun die Annahme naheliegend, daß eine derartige Umwandlung des Fibrinogens in das wegen der Lage seines IEP. bei Blutreaktion nur schwach geladene Fibrin auch an der Oberfläche des Erythrozyten stattfinden könnte, wodurch eine besonders starke Entladung derselben in einem fibrinogenreichen Milieu — bzw. in einem solchen mit Fibrinogen von sehr geringer Stabilität — gut erklärt wurde. Auch würde sich, wie mir scheint, die Agglutination der Erythrozyten auf diese Weise zwanglos deuten lassen, da ja das Fibrin ein sehr klebriger zäher Stoff ist.

Kiel, den 20. September 1923. Edgar Wöhlisch.

Botanische Mitteilungen.

Über Vererbung und Fertilität bei Heterostylie.

Bateson und Gregory verdanken wir die Feststellung, daß die Heterostylie durch ein mendelndes Faktorenpaar bedingt ist; und zwar ist die Langgriffeligkeit bei *Primula* homozygot und rezessiv (aa), die Kurzgriffeligkeit heterozygot und dominant (Aa); infolgedessen ergibt die „legitime“ Kreuzung Langgriffel \times Kurzgriffel und umgekehrt wieder die beiden Ausgangsformen in gleichem Prozentsatz, während die „illegitimen“ Kombinationen Langgriffel \times Langgriffel und Kurzgriffel \times Kurzgriffel sowie Selbstbefruchtung von Langgriffeln und Kurzgriffeln häufig gänzlich oder teilweise ohne Erfolg sind; der ganze Sinn der Erscheinung beruht ja darauf, daß Selbstbefruchtung vermieden werden soll. *G. v. Ubisch* beobachtete nun eine Rasse von *Primula malacoides*, bei der die Differenzen in der Griffellänge fehlten und Narbe und Staubbeutel in derselben Etage standen (Zeitschr. f. Bot. 15, 1923); es fehlte hier das normale Gen für Heterostylie, und es ist äußerst interessant, daß diese Form in hohem Maße selbstfertil war. Während es sich hier bei der „Subheterostylie“ um eine erbliche Eigenschaft handelt, tritt sie vielfach auch als individuelle Modifikation bei typisch heterostylen Rassen auf, und schon Darwin hat darauf hingewiesen, daß auch in diesem Fall Selbstbefruchtung zu einem vollen Samenansatz führt. Dies drängt nach *G. v. Ubisch* zu der Auffassung, daß Fertilität und Sterilität nicht als fester Charakter vererbt werden, sondern daß sie eine Funktion sind von der Ausbildungsweise der Sexualorgane. Werden Individuen, die genotypisch heterostyl sein sollten, durch irgendwelche äußere Einflüsse (z. B. Etiement) subheterostyl, dann geht gleichzeitig die Selbststerilität in Selbstfertilität über, und die Differenzen zwischen legitimer und illegitimer Kreuzung verschwinden. Offenbar kommt es, darauf an, daß Narbe und Staubbeutel dasselbe Niveau einnehmen müssen, wenn die Befruchtung von günstigem Erfolg begleitet sein soll; dies ist der Fall bei den „legitimen Kombinationen“ (Narbe eines Kurzgriffels \times Antheren eines Langgriffels und umgekehrt) und bei allen Kombinationen mit subheterostylen Individuen. Um diese Verhältnisse zu erklären, stellt *G. v. Ubisch* folgende Hypothese auf: „Wir können uns die Sache etwa so vorstellen, daß ein chemischer Stoff zur Befruchtung nötig ist, der in einem bestimmten Mengenverhältnis in beiden Geschlechtsorganen ausgebildet wird, nehmen wir einmal an, in gleicher Menge. Ist nun das Organ lang, so wird die Konzentration des Stoffes gering sein; ist das Organ kurz, so wird sie groß sein; sind beide Organe gleich lang, so wird auch die Konzentration gleich groß sein. Bei legitimer Bestäubung, mag sie nun eine normale legitime Fremdbestäubung sein oder die Selbstbestäubung einer abnormen Blüte mit gleichhoher Narbe und Staubbeutel, kommen also gleiche Konzentrationen zusammen.“ Darin soll das Maßgebende des Erfolges liegen. *G. v. Ubisch* gibt selbst zu, daß die Vorstellung von dem Zustandekommen abgestufter Konzentrationen etwas grob ist; immerhin ist nicht von der Hand zu weisen, daß in der Idee ein richtiger Kern steckt. Jedenfalls hat schon Jost auf die Möglichkeit, die eigenartigen Bestäubungsverhältnisse bei Heterostylen durch solche Konzentrationsunterschiede zu erklären, aufmerksam gemacht.

Die Abweichungen vom „mechanischen“ Zahlenverhältnis der Lang- und Kurzgriffel bei heterostylen

Pflanzen. Aus dem im vorigen Referat gegebenen Vererbungsschema für Heterostylie folgt, daß lang- und kurzgriffelige Individuen sich normalerweise das Gleichgewicht halten müssen. Die rezessiven Langgriffel (aa) liefern Keimzellen von der Konstitution a, die heterozygotischen Kurzgriffel (Aa) dagegen zweierlei von der Konstitution A und a; es sind daher zweierlei Kombinationen möglich, Aa (d. h. Kurzgriffel) und aa (d. h. Langgriffel), und diese beiden Kombinationen sind gleich wahrscheinlich. Nun werden aber verschiedentlich Abweichungen von diesem Schema beobachtet derart, daß der eine oder der andere Typus dominierte. Correns nahm hier an, daß möglicherweise von den beiden Sorten von Pollenschläuchen, die bei den Kurzgriffeln auftreten müssen (nämlich 50 % „kurzgriffelbestimmende“ und 50 % langgriffelbestimmende), die eine der anderen in der Konkurrenz überlegen ist. Daß mindestens für manche Fälle eine andere Deutung nötig ist, zeigen Versuche von Laibach (Biol. Centralbl. 43, 1923), die sich auf Lein (*Linum austriacum*) erstrecken; hier wird das „mechanische“ Verhältnis dadurch gestört, daß neben der legitimen Befruchtung auch Selbstbefruchtung stattfindet, und zwar vorwiegend bei den Langgriffeln, wo Selbstbestäubung manchmal bei einem Drittel der Blüten von Erfolg begleitet ist. Das muß, da 11 \times 11 nur Langgriffel geben kann, natürlich zu einem Übergewicht von Langgriffeln führen. Wie weit das gehen kann, beobachtete Laibach an einem isolierten Bastard von Langgriffeln, der ca. 10 m von einem gemischten Bastard lag. Hier waren natürlich die Bedingungen für Selbstbestäubung besonders günstig; und tatsächlich ergab die Analyse der Nachkommenschaft ein Verhältnis von 80,91 Langgriffeln : 19,09 Kurzgriffeln. Laibach nimmt an, daß derartige Verschiebungen bei Gattungen, die wenigstens in beschränktem Maße selbstfertil sind, im Freien häufig auftreten können.

Der Ambrosiapilz der Termiten. Wie zahlreiche Ameisen (vor allem die Blattschneider), so treiben auch verschiedene Termitenarten Pilzzucht in ihren Bauten. Als Substrat für ihren „Ambrosiapilz“ — eine Bezeichnung, die Neger auf alle von tierischen Organismen zu Ernährungszwecken kultivierten Pilze ausdehnt — dient in der Regel zerkautes Holz. Die kohlrabiartigen Wucherungen, die von den Termiten verzehrt werden („Termitenkohlrabi“), entsprechen Konidiosporen. Eine einwandfreie systematische Zuweisung des Pilzes war bisher nicht möglich. Im Hinblick auf den Ameisenkohlrabi, deren Zugehörigkeit zu der Gattung *Rozites*, einer dem Schuppenpilz (*Pholiota*) verwandten Gattung, schon lange feststeht, legte den Gedanken nahe, daß es sich auch hier um einen Hutmilz handeln könnte. Tatsächlich treten in den Nestern dann und wann Fruchtkörper einer Form auf, die den Namen *Collybia enrhiza* (bzw. *Volomia enrhiza*) erhalten hat. Es gelang nun A. Raut (Ann. jard. bot. Buitenzorg 32, 1923) der Nachweis, daß es sich hier nicht etwa um einen „Unkrautpilz“ der „Pilzgärten“ handelt — als solche fungieren *Xylaria* und *Pepiapaarten* —, sondern daß wirklich der vermutete Zusammenhang besteht. Aus Gewebefragmenten, die dem Stiel des *Collybia*fruchtkörpers unter dem Kautelen steril entnommen wurden, konnte in Reinkultur typisches Termitenkohlrabi gezogen werden. Außerdem konnte Raut zeigen, daß — wiederum in Übereinstimmung mit den Ameisen — verschiedene

Termitengattungen auch verschiedenartigen Kohlrabi kultivieren.

Ein Mutualismus zwischen subterranean Copepoden und Schwefelbakterien. Eine mutmaßlich als Symbiose zu deutende Wechselbeziehung zwischen einem Copepoden (*Cyclops albidus*) und einer Schwefelbakterie (*Beggiatoa*) beschreibt W. Ziegelmayer auf Grund von Material, das aus Grubenschächten des Saargebiets stammt (Biol. Centrbl. 43, 1923). Die Bakterienfäden bilden einen dichten Überzug auf der Oberfläche des Krebstieres und verschonen nur die Extremitäten. Andere Tiere desselben Milieus (Paramezien, Nematoden, Oligochäten usw.) erwiesen sich als bakterienfrei. Offenbar handelt es sich hier um eine gesetzmäßige Bevorzugung, denn fügt man einem tierischen Gemisch, das auch künstlich von Bakterien befreiten *Cyclops* enthält, *Beggiatoa* bei, dann wird bloß dieser besiedelt. Überläßt man dagegen solche „gereinigte“ *Cyclops*individuen sich selbst, dann gehen sie nach kurzer Zeit ein, soweit sich der *Beggiatoa*-filz nicht aus erhalten gebliebenen Resten regeneriert. Das deutet auf eine feste Abhängigkeit. Sucht man nach den gegenseitigen Leistungen, so kommt für die *Beggiatoa* bessere Ausnützung des Nährmediums in Frage, da sie von dem Krebs immer nach neuen Stellen fortbewegt wird. Die *Beggiatoa*fäden dagegen sollen nach der Auffassung Ziegelmayers für *Cyclops* „Stabilisatoren“ darstellen, die das Schwimmen erleichtern. Er schließt dies daraus, daß von Bakterien befreite Individuen eigenartige Torkelbewegungen ausführten. Das könnte aber auch die Folge der übernommenen Prozedur des Reinigens sein: das Wasser wird erwärmt, damit der H_2S ausgetrieben wird und die *Beggiatoa* dadurch absterben. Ziegelmayer aber geht optimistisch weiter und nimmt an, daß auch die außergewöhnliche Körpergröße der Individuen und der Stabilisierungsapparat in einer kausalen Beziehung zueinander stehen. Außerdem weist er auf die Möglichkeit hin, daß aus dem Stoffwechsel der Bakterien gewisse Vorteile für die Krebse erwachsen. All das gehört vorläufig noch ins Gebiet der Hypothese, bildet aber erwünschte Angriffspunkte für weiteres Experimentieren.

Periodische Blütenbildung bei Orchideen. In Buitenzorg auf Java kann man die Beobachtung machen, daß eine bestimmte Orchideenart an ein und demselben Tag in der gesamten Nachbarschaft mit der Blüte einsetzt, und daß verschiedene Orchideenarten einen ganz gesetzmäßigen gegenseitigen Blütenrhythmus aufweisen. Dieses merkwürdige Verhalten erklärt sich nach statistischen Aufzeichnungen von Arens (Ann. Jard. Bot. Buit. 32, 1923) in der Weise, daß hier eine sehr enge Beziehung zwischen Aufblühen und Regenfall besteht. So blüht *Dendrobium crumenatum* 9–10 Tage, *Dendrobium pumilum* 10–11 Tage, eine dem *D. linearifolium* verwandte unbestimmte Form ca 30 Tage nach einem stärkeren Regenfall, dem ein paar trockene Tage vorangegangen sind. Anscheinend sind es die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, die hier die entscheidende Rolle spielen. Sehr auffällig ist, daß ein ähnlicher Rhythmus auch in ziemlich weit auseinanderliegenden Gewächshäusern in Europa zu verzeichnen ist, für die Arens ebenfalls meteorologische Faktoren verantwortlich macht. Aus der Tatsache, daß in der *Dendrobium*blüte zwischen Hamburg und Utrecht eine Differenz von 1–2 Tagen besteht, leitet er die Vermutung ab, daß hierbei etwa das Wandern eines barometrischen Minimums mit seinen Folgeerscheinungen maßgebend sein könnte.

Die neue Flora von Krakatau. Im Jahre 1883 ist die Vegetation der Krakatauinseln durch einen vulkanischen Ausbruch gänzlich zerstört worden. Da diese völlig sich selbst überlassenen, unbewohnten Inseln 40 km vom Festland abliegen, so war es von großem Interesse, festzustellen, wie langer Zeit es bedurfte, bis sie sich wieder mit einem Pflanzenkleid überzogen hatten. Das war natürlich nur durch Ferntransport von Samen und Früchten durch Wind, Vögel und Meeresströmungen möglich, und es bot sich somit in schönster Weise Gelegenheit, Beobachtungen über die Verbreitungsmöglichkeit der Pflanzen zu sammeln. So wurden denn die Inseln in längeren Intervallen von Botanikern aufgesucht. Die neueste Statistik, der die folgenden Daten entnommen sind, stammt von W. M. Docters van Leeuwen (Ber. d. d. bot. Ges. 40, 1922). 1886 (3 Jahre nach dem Ausbruch) besuchte Treub die Inseln und konnte 25 Pflanzenarten (darunter 14 Phanerogamen) feststellen, die sporadisch über die Aschenfläche verteilt waren. Im Jahre 1896 war nach Pennig die Flora schon auf 62 Gefäßpflanzen (50 Phanerogamen, 12 Kryptogamen) angewachsen. Es begannen sich schon einzelne Pflanzenformationen herauszubilden, so vor allem die charakteristische *Pes-Caprae*-Formation der Meeresküste mit ihrer typischen Genossenschaft, im Innern Savanne mit Gräsern und niederen Sträuchern. Nach zehn weiteren Jahren (1906) führt Ernst eine Liste mit 103 Gefäßpflanzen (88 Phanerogamen und 15 Kryptogamen) an. Zu dieser Zeit war die Differenzierung der Formationen schon wesentlich weiter fortgeschritten und die ersten Ansätze zur Waldbildung vorhanden. Seit dem Jahre 1919 war Docters van Leeuwen selbst wiederholt auf den Inseln und konnte das Pflanzenverzeichnis auf 262 Arten (198 Phanerogamen, 64 Gefäßkryptogamen) vermehren. Das Vegetationsbild hatte sich inzwischen völlig geändert. An Stelle des lockeren Baumwuchses hatte sich im Innern typischer Urwald gebildet, der zum Teil undurchdringlich war. Stämme und Äste waren mit zahlreichen Lianen und Epiphyten überkleidet. So ist erst nach mehr als einem Menschenalter ein Zustand erreicht worden, der wenigstens einigermaßen dem ursprünglichen entspricht.

Neue Mittel zum Fröhrtreiben. Zu den vielen Mitteln, durch welche auf experimentellem Weg „Fröhrtreiben“ erzielt werden kann, gehört nach den neuesten Angaben von O. Richter (Ber. d. d. bot. Ges. 1922) auch konzentrierte Schwefelsäure. Man braucht knospentragende Sprosse von Rosskastanie und Linde nur 10–20" einzutauchen und dann sorgfältig abzuspülen, um sehr auffällige Resultate zu erhalten. Bei längerer Einwirkung sterben zwar die direkt betroffenen Knospen ab, dafür schlagen aber die Nachbarknospen prächtig aus. Nach Richter handelt es sich bei diesen Erfolgen um eine Verwundungsreaktion, und demnach wäre vielleicht wie bei der „Quetschmethode“ und der „Einstichmethode“ von Weber als wirksames Agens das Auftreten von Wundhormonen anzunehmen, die dann sekundär die mannigfachen bis zum Ausbrechen ablaufenden Prozesse auslösten. Wie konzentrierte Schwefelsäure wirkt auch konzentrierte Kalilauge, 1% $CuSO_4$, 10% $MgSO_4$, und schließlich auch elektrischer Strom, aber nur bei Knospen, die direkt von einem Funken durchschlagen worden sind und dabei kleinste Verletzungen erlitten haben. Richter weist darauf hin, daß sein H_2SO_4 -Verfahren dem üblichen Ätherverfahren und Warmbad gegenüber den Vorzug sehr kurzer Einwirkungsdauer, dem Quetsch- und Einstichverfahren gegenüber den Vorzug sehr leichter

Handhabung aufweist, so daß es sich vielleicht in der gärtnerischen Praxis bewähren wird.

Frühtreiben durch Quetschen. Daß das Frühtreiben ruhender Sprosse durch Verletzungen verschiedener Art (Stiche, Schnitte) ausgelöst werden kann, ist schon von verschiedener Seite nachgewiesen worden. In einer kurzen Mitteilung (Ber. d. deut. bot. Ges. 40, 1922) berichtet nun F. Weber über Versuche, in denen es glücklich ist, denselben Vorgang durch Quetschen der Zweige mittels eines Quetschhahnes herbeizuführen. Nun hat neuerdings *Haberlandt* gezeigt, daß durch den Preßsaft verletzter Zellen offenbar unter Beteiligung von Wundhormonen Zellteilungen im pflanzlichen Gewebe ausgelöst werden können. *Friedl Weber* gelang daher zu der Auffassung, daß sowohl in seinen Quetsch- als auch bei den früheren Verwundungsversuchen Wundhormone die maßgebenden Agentien waren, und spricht weiterhin die Vermutung aus, daß sich dieselbe Annahme auch für einige andere Frühtreibemethoden, deren Kausalität noch keineswegs klargestellt ist, durchführen läßt; das gilt vom Warmbad, vom Äther- und von anderen chemischen Verfahren. In allen diesen Fällen können oberflächlich gelegene Zellen derartig geschädigt werden, daß Wund- oder Nekrohormone entstehen. Auf diese Weise wäre es möglich, die verschiedenen Methoden unter einem Gesichtswinkel zu betrachten.

Zur Elektrophysiologie der Berberisblüte. Daß die reizbaren Staubgefäße des Sauerdorns (*Berberis*) wie die Blätter der Sinnpflanze nicht bloß auf Stoßreize, sondern auch auf elektrischen Strom reagieren, ist schon durch frühere Versuche von *Stern* bekannt. Diese Experimente führten zu folgender Feststellung: bei niedriger Spannung (40 Volt) ergab sich eine stärkere Reaktion an dem Minuspol, bei hoher Spannung eine ganz ausgesprochene Pluspolarität. In einer neueren Untersuchung (Zeitschr. f. Bot. 14, 1922) hat sich *Stern* eingehender mit diesen Vorgängen beschäftigt und gelangt zu folgendem Ergebnis: Bei nur wenig überschwelligen Reizen geben Kondensatorentladungen, Gleichstrom und Induktionsschläge unipolare Reaktionen, während bei starker Reizung bipolare Ausschläge zu verzeichnen sind. Die unipolaren Reaktionen sind hauptsächlich an die Anode gekettet. Öffnungsschläge sind wirkungsvoller als Schließungsschläge. Eine Reizleitung konnte nicht ermittelt werden. Schwache Reize werden summiert — es handelt sich also wie bei *Mimosa* nicht um eine „Alles-oder-Nichts-Reaktion“, häufig wiederholte Reizung hat Ermüdung zur Folge. Neu ist die Tatsache, daß bei sehr starker Reizung auch die Kronblätter nach innen schnellen. *Stern* führt dies darauf zurück, daß Staubblätter und Kronblätter an der Basis gemeinsam inseriert sind und offenbar im gemeinsamen Basalteil Turgeszenzänderungen eintreten. *Stark*

Astronomische Mitteilungen.

Bemerkungen zur Aufnahme von funkentelegraphischen Zeitsignalen. Das Referat über die Aufnahme von funkentelegraphischen Zeitsignalen in Heft 34 dieses Jahrganges enthält eine Anzahl von ungenauen Angaben und Irrtümern grundsätzlicher Art, die in ähnlicher Form bereits verschiedentlich aufgetaucht sind und von denen die wichtigsten einmal richtiggestellt werden müssen.

Vor der Abgabe eines jeden Nauener Zeitsignals werden die Signaluhren der Deutschen Seewarte zu Hamburg, die mit der Großfunkstelle Nauener durch ein Telegraphenkabel verbunden ist, so genau wie möglich auf „richtige Zeit“ eingestellt (selbstverständlich unter Berücksichtigung der bekannten Reaktionszeit der gesamten Signalanlage Seewarte—Nauen). Entsprechend wird in Paris bei der Auslösung der „Onogo“-Signale des Eiffelturmes (9^h 30^m a. m. mittl. Zeit Greenw.) verfahren. Dagegen ist die Abgabezeit der Koinzidenzsignale des Eiffelturmes nicht an eine ganz bestimmte Zeit gebunden; vielmehr werden bekanntlich auf der Pariser Sternwarte die Abgabezeiten des 1. und des 300. Signalpunktes in jedem Falle ermittelt und eine halbe Stunde nach der Signalabgabe funkentelegraphisch mitgeteilt. — In allen Fällen aber, sowohl in Hamburg als auch in Paris, sowohl bei der Einstellung der Signaluhren als auch bei der Bestimmung der Abgabezeiten, kann immer nur operiert werden mit *extrapolierten* Zeitangaben, gewonnen mit Hilfe der astronomischen Präzisionspendeluhren. Erst im Anschluß an die jeweils nächste Zeitbestimmung kann der Extrapolationsfehler festgestellt werden; erst dann ist es möglich, die endgültigen Korrekturen der vorausgegangenen Signale abzuleiten. Diese Arbeit wird in Hamburg für die Nauener Signale sofort nach Ausführung einer jeden Zeitbestimmung erledigt, und im nächsten Beobachtungszirkular der „Astronomischen

Nachrichten“ erfolgt die Veröffentlichung. Dieses schnelle Verfahren ist bisher stets anerkannt worden, und es ist gänzlich unverständlich, wenn Herr *Bernheimer* schreibt, daß die Beobachtungen der Seewarte „nach geraumer Zeit für einen längeren Zeitraum veröffentlicht würden, und daß dieses Verfahren sich in Zukunft nicht aufrechterhalten ließe“. Es ist doch nicht möglich, den Fehler noch am selben Tage funkentelegraphisch mitzuteilen, wenn dieser Fehler erst nach der nächsten Zeitbestimmung zu Hamburg, also nach einigen Tagen, deren Anzahl noch dazu vom Wetter abhängig ist, abgeleitet werden kann. Genau ebenso werden an einer ganzen Anzahl von Orten die endgültigen Korrekturen der Pariser Koinzidenzsignale ermittelt, die an die nachgefunkteten Abgabezeiten anzubringen sind.

Nach jeder Aufnahme eines Nauener Signals wird auf der Seewarte mit Hilfe einer neuen, vollständigen Uhrvergleichung der Signalfehler (wohlgemerkt: der Fehler gegenüber der *extrapolierten* Zeit! Ein anderes Vergleichsobjekt existiert ja nicht) sofort berechnet. Dieser Fehler beruht (abgesehen von der kleinen Unsicherheit, die von der Signalregistrierung und von den astronomischen Uhren herrührt) auf zwei Ursachen: 1. darauf, daß es nicht immer gelingt, die Signaluhren auf die Hundertstelsekunde genau einzustellen; 2. darauf, daß die Reaktionszeit der Signalanlage veränderlich ist, wobei die Amplitude der Schwankung allerdings nur etwa $\pm 0,01$ beträgt. Der Gesamtbetrag der angeführten Fehler liegt fast stets innerhalb der Grenze $\pm 0,03$. Sollen derartig kleine Beträge in jedem Falle nachgefunkt werden? Daß erst dadurch das Nauener Zeichen „praktisch unmittelbar bedeutungsvoll“ würde, kann im Ernst niemand behaupten. Es dürfte kaum einen Fall geben, in dem die Veröffentlichung der Signalfehler nach zwei oder drei Wochen nicht genügt.

Im übrigen würde der durch sofortiges Nachfunken der vorläufigen Korrektur erzielte Vorteil in gar keinem Verhältnis zu der aufzuwendenden Leistung stehen; wenige Leute werden sich einen richtigen Begriff davon machen können, welche Kosten dem Deutschen Reiche erwachsen, wenn die Großfunkstelle Nauen täglich zweimal auch nur für jeweils wenige Minuten in Anspruch genommen wird.

Nebenbei sei noch erwähnt, daß der mittlere Extrapolationsfehler im Zeitdienstbetriebe der Seewarte nicht größer als derjenige der Pariser Sternwarte ist; jedoch sei nochmals nachdrücklich betont, daß es für die Verwendung von funktographischen Zeitsignalen bei der Durchführung von sehr genauen Längenbestimmungen ziemlich gleichgültig ist, ob der durchschnittliche absolute Betrag der endgültigen Signalkorrekturen um einige Hundertstelsekunden größer oder kleiner ist; wesentlich ist nur, daß hinreichend genaue Korrekturen, von mehreren zuverlässigen Stationen bestimmt, vorliegen.

Herri Bernheimers Ansicht, daß „für Längenbestimmungen nur ein Koinzidenzsignal als einwandfrei erscheint“, ist in dieser Fassung nicht richtig. Die Frage nach dem Verwendungsbereich der verschiedenen Signalsysteme, die schon oft, meistens jedoch in unrichtiger Form, behandelt worden ist, läßt sich nur erörtern im Zusammenhang mit der Betrachtung der Hilfsmittel, die für die Signalaufnahme zur Verfügung stehen. Wer ohne Benützung weiterer Hilfsmittel die Koinzidenzen zwischen den im Telefon hörbaren drahtlosen Punktsignalen und den Schlägen seiner Uhr beobachtet, kann nicht damit rechnen, eine Genauigkeit der Signalaufnahme von ± 0.01 (das ist die beliebte, so oft angegebene Zahl) zu erreichen. Die innere Genauigkeit der Beobachtungen ist kein brauchbares Kriterium für die Zuverlässigkeit der gewonnenen Uhrkorrektur. Erst durch Verwendung gewisser elektrischer Einrichtungen (übrigens ganz einfacher Art) und bestimmter Schaltungen kann die Einwirkung der menschlichen Sinne auf das Beobachtungsergebnis so weit ausgeschaltet werden, daß man bei der Aufnahme eines Koinzidenzsignals eine absolute Genauigkeit von einer Hundertstelsekunde, bei sehr großer Übung des Beobachters sogar von einigen Tausendstelsekunden erzielen kann. Eine völlige Ausschaltung des persönlichen Moments wird nur gewährt durch Vorrichtungen für die automatische Registrierung der drahtlosen Zeichen, und bei Verwendung solcher Einrichtungen läßt sich auch bei der Aufnahme der „Onogo“-Signale eine Genauigkeit von einigen Tausendteilen der Sekunde erreichen. Ja, man ist unter Umständen nicht einmal auf ein „Zeitsignal“ angewiesen, sondern auch aus der an verschiedenen Orten durchgeführten selbsttätigen chronographischen Aufzeichnung eines beliebigen Telegramms irgendeiner Funkstation lassen sich unter Zugrundelegung von astronomischen Zeitbestimmungen die Längenunterschiede zwischen den einzelnen Orten ableiten. Man erkennt, daß für die Verwendungsmöglichkeit der verschiedenen Signale nicht nur das Signalsystem maßgebend ist, sondern daß auch die für die Signalaufnahme zur Verfügung stehenden Hilfsmittel eine Rolle spielen, und man sieht auch, daß die Fortschritte der Technik den Unterschied zwischen „wissenschaftlichen“ (Koinzidenz-) Signalen und „gewöhnlichen“ (Onogo-) Signalen zu einem gewissen Teile verwischt haben.

Durch dies alles soll der großen Wichtigkeit der Koinzidenzsignale natürlich in keiner Weise Abbruch getan werden. In einer großen Zahl von Fällen kommen sie allein in Frage, schon deshalb, weil die allge-

meine Einführung von Vorrichtungen für die selbsttätige Registrierung von Funkzeichen wegen der hohen Kosten für Beschaffung und Unterhaltung der recht komplizierten Apparatur vorläufig nicht möglich sein wird. Die Seewarte hat sich daher bereits seit langem bemüht, die Aussendung von Koinzidenzsignalen durch die Großfunkstelle Nauen zu erreichen. Lediglich die Finanzverhältnisse des Reiches haben die Ausführung des Planes bisher verhindert. Es besteht jetzt jedoch Aussicht, daß in einiger Zeit Nauener Koinzidenzsignale eingeführt werden; über den Zeitpunkt des Beginns ihrer Abgabe wage ich vorläufig jedoch keine Angaben zu machen.

H. Mahnkopf.

Die Sterntemperaturen. In der *Nature* vom 4. August 1923 (Vol. 112, Nr. 2805) gibt H. Dingle einen zusammenfassenden Aufsatz über die Sterntemperaturen, dem die beiden hier wiedergegebenen, sehr instructiven Figuren entnommen sind.

Es bestehen augenblicklich zwei Möglichkeiten zur Bestimmung der Sterntemperaturen. Einmal lassen sich aus der Beschaffenheit der Absorptionslinien Schlüsse auf die Temperatur der absorbierenden Atmosphäre ziehen. Eine zweite Methode beruht auf der Bestimmung der Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum. Unter der Annahme, daß der Stern wie ein schwarzer Strahler leuchtet, ergeben die Strahlungsgesetze den Betrag der Sterntemperatur. Es ist allerdings unbekannt, welcher Schicht diese Temperatur zuzuordnen ist; wahrscheinlich gehört sie der unmittelbar unter der Atmosphäre liegenden Photosphäre an, wofür auch die nahe Übereinstimmung der durch die beiden Methoden erhaltenen Temperaturwerte bei den einzelnen Sternen spricht. Für das Innere der Sterne sind bedeutend höhere Temperaturen als die direkt bestimmten anzunehmen. Die durch die zweite Methode gewonnenen Werte bezeichnet man als effektive Sterntemperaturen. Die Fig. 1 enthält für eine Anzahl von Sternen solche effektiven absoluten Temperaturen (nach Ch. Nordmann) zusammen mit einer Reihe von Temperaturen, wie sie bei irdischen Vorgängen auftreten.

Doch ist wohl zu beachten, daß diesen effektiven Temperaturen eine erhebliche Unsicherheit anhaftet. Besonders A. Brill hat neuerdings auf diesen Umstand hingewiesen¹⁾. Für die Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum der Sterne liegen neben den Beobachtungen von Ch. Nordmann vor allem zwei ausgelegte Messungsreihen vor: die im visuellen Teil des Spektrums von Wilsing, Scheiner und Münch erhaltenen Werte und die photographisch von H. Rosenberg hergeleiteten. Die für beide Reihen getrennt auf Grund des Planckschen Strahlungsgesetzes bestimmten effektiven Sterntemperaturen zeigen starke systematische Unterschiede. Die heißesten Sterne übersteigen bei der optischen Messungsreihe des Potsdamer Observatoriums kaum 15 000°; bei der photographischen Reihe Rosenbergs erreichen die Temperaturen dagegen unendlich hohe Beträge. A. Brill hat nun durch eine vergleichende Diskussion der beiden Reihen nachweisen können, daß diese Unterschiede nicht auf systematische Fehler in den Messungsreihen selbst zurückzuführen sind; vielmehr *verhalten sich die Sterne nicht wie schwarze Strahler*. Die unmittelbare Anwendung des Planckschen Strahlungsgesetzes zur Herleitung der effektiven Sterntemperaturen kann also nur zu näherungsweise richtigen Werten führen, die besonders für

¹⁾ A. Brill, Spektralphotometrische Untersuchungen, I. Abh. Astron. Nachr. 218, 209 (1923); II. Abh. Astron. Nachr. 219, 21 (1923).

hohe Temperaturen unter Umständen von der Wahrheit sehr stark abweichen können. In ausführlichen

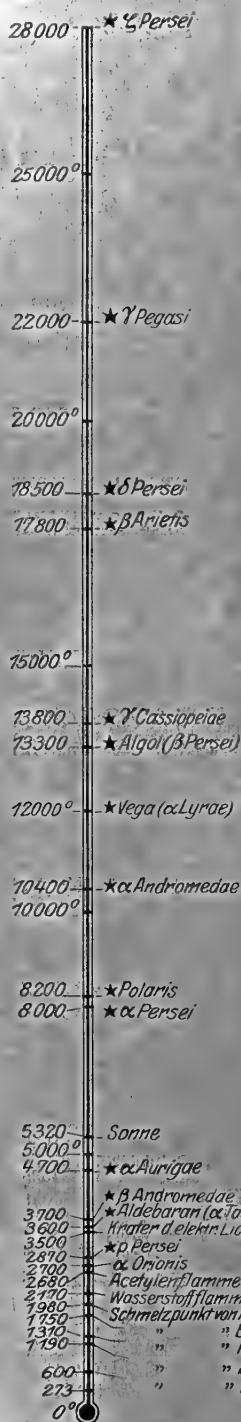


Fig. 1. Effektive absolute Temperaturen ausgewählter Sterne im Vergleich zu den absoluten Temperaturen einiger irdischer Vorgänge.

Tabellen seiner zweiten Abhandlung gibt A. Brill die Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum der einzelnen Spektralklassen und Unterklassen an und

liefert damit das Material für eine weitere Diskussion über die Verwendbarkeit dieser Intensitätsbestimmungen zur Ermittlung der Sterntemperaturen. Trotz der Unsicherheit, die den in Fig. 1 gegebenen Zahlenwerten zukommt, vermögen diese doch die Reihenfolge, in der die Sterne sich ihrer Temperatur nach ordnen lassen, richtig wiederzugeben.

Dieses letztere ist besonders zur Beurteilung des Zusammenhanges wichtig, in welchem die Sterntemperaturen mit den Entwicklungsstufen der Sterne stehen. Die hier bestehenden Verhältnisse sind durch Fig. 2 veranschaulicht. Die Entwicklung der Sterne ist von einem gewissen Anfangsstadium niedriger Temperatur ab durch eine fortschreitende Kontraktion gekennzeichnet. Dabei durchläuft der Stern die charakteristischen Spektralklassen in einer ganz bestimmten Reihenfolge. Da jeder Spektralklasse eindeutig eine gewisse effektive Temperatur zukommt, so ist die Sternentwicklung

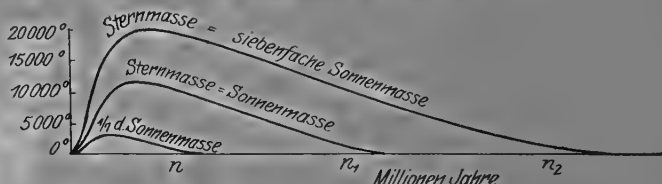


Fig. 2. Entwicklungsgang von Sternen verschiedener Masse (Abhängigkeit der erreichbaren Maximaltemperatur und der Entwicklungsdauer von der Masse).

von einer kontinuierlichen Temperaturänderung — einem raschen Ansteigen und einem langsameren Abfallen — begleitet. Doch ist der Temperaturverlauf nicht für alle Sterne derselbe. Fig. 2 zeigt vielmehr, in welcher Weise er nach den Untersuchungen Eddingtons von der Masse abhängt. Nur die Sterne mit großer Masse (etwa dem Siebenfachen der Sonnenmasse) erreichen das Stadium der B-Sterne und damit die größten bei den Sternen vorkommenden Temperaturen. Sterne von Sonnenmasse gelangen höchstens zum Stadium der A-Sterne und durchlaufen ihre ganze Entwicklung in kürzerer Zeit als die Sterne großer Masse. Bei Sternen kleinerer Masse drängt sich die Entwicklung weiter zusammen; sie erreichen bei $\frac{1}{4}$ der Sonnenmasse Höchsttemperaturen, die der augenblicklichen Sonnentemperatur entsprechen, und können bei noch geringerer Masse gänzlich unsichtbar bleiben.

A. Kopff.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz: Die Anomalie des Erdmagnetismus und der Gravitation im Kursker Gouvernement in Heft 33, und zwar zu S. 706, Spalte 2: Die ersten vier Zeilen sind nach rechts zu verschieben; sie gehören vor die erste Zeile der Spalte 1 auf S. 707.

Zum Aufsatz von Northrop in Heft 34, S. 713, und zwar zur Überschrift. Das Wort „durch“ fehlt. Sie muß natürlich heißen: Ist die Hydrolyse der Eiweißkörper durch Pepsin und Trypsin als homogene Reaktion aufzufassen?

Zum Aufsatz: Die Projektion der geologischen Karte in Heft 38, und zwar zu S. 794, Spalte 2. Die Zahl 1 : 600 000 auf Zeile 10 muß mit der Zahl 1 : 3 000 000 auf Zeile 11 vertauscht werden.

Zu dem Bericht: Spektroskopische Mitteilungen in Heft 41, S. 845. Unter dem Bericht fehlt der Name des Referenten: Walter Grotrian, Berlin-Potsdam.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von H. BRAUS in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

U. S. Department

Heft 44. (Seite 881—896.)

2. November 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Grenzen der mikrochemischen Methodik in der Biologie. Von *Hermann Brunswick, Berlin-Dahlem*. S. 881.

Zur Ahnenfrage der Cirripeden. Von *Hjalmar Broch, Christiania*. (Mit 3 Abbildungen.) S. 885.

Physikalische Mitteilungen. S. 888—894.

Die Isotopie der Elemente. Die Totalreflexion der Röntgenstrahlen. Die Brille und ihre Herstellung. Paramagnetismus und Quantentheorie. The optical cosine law. A large aper-

ture applanatic lens not corrected for colour (Mit 1 Abbildung.) A method of measuring small differences of the refractive indices. Verflüssigung des Heliums in Canada.

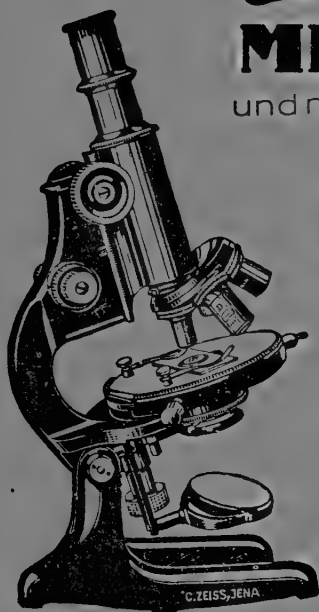
Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 895—896.

Die Hautdrüsen des Menschen und der Säugetiere. Amphioxus als Delikatesse. Kohlehydrat-Phosphorsäure-Verbindungen.

ZEISS

MIKROSKOPE

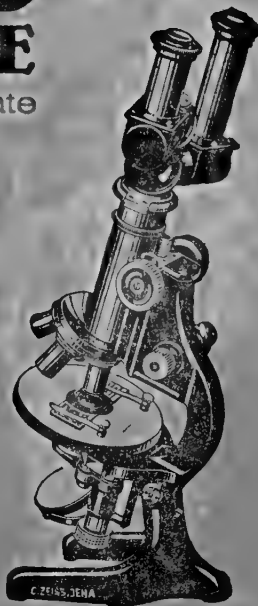
und mikroskopische Hilfsapparate



Lupen
Projektionsapparate
Epidiaskope
Photo-Objektive

USW.

Druckschriften auf
Wunsch kostenfrei



Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark, zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages.

Einzelnummer 0,80 Goldmark.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschienen:

Theoretische Biologie

Vom Standpunkt der Irreversibilität
des elementaren Lebensvorganges

Von

Professor Dr. Rudolf Ehrenberg

Privatdozent für Physiologie an der Universität Göttingen

(VI, 348 S.)

9 Goldmark; gebunden 10 Goldmark

Fürs Ausland: 2.15 Dollar; geb. 2.40 Dollar

Aus dem Inhalt:

Einleitung. — Tod und Zellteilung. — Enzym und Ablauf. — Altern.
Wachstum und celluläre Excretion. — Assimilation und Autonomie.
Immunität und Individualität. — Konstitution und Disposition. — Form-
bildung und Vererbung. — Individuum und Art. — Gehirn und Bewußtsein.

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages.
Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

Die Grenzen der mikrochemischen Methodik in der Biologie.

Von Hermann Brunswik, Berlin-Dahlem.

I.

Wesen und Wert der mikrochemischen Methodik sowie ihre vorteilhafte Anwendung in dem verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen ist schon vielfach hervorgehoben worden und heute bereits allgemein bekannt. Dasjenige Gebiet, für das die Mikrochemie unersetzlich erscheint, ist die *Analyse der lebenden Zelle*, der Versuch, die Lebensprozesse auf *chemisch-physikalische* Vorgänge zurückzuführen. Jede Methode, und sei sie die beste, besitzt jedoch gewisse *Grenzen und Grenzmöglichkeiten*. Die Grenzen der *biologischen Mikrochemie* („Zellmikrochemie“) sollen im folgenden rein rechnerisch in ihrer Größenordnung aufgezeigt und mit der wichtiger Zellstoffwechselvorgänge verglichen werden. Man wird hierbei zu einem Ergebnis gelangen, das manchen Biologen rein gefühlsmäßig, durch ihre Erfahrung und ihren Takt, vielleicht schon lange bekannt ist und ihnen daher selbstverständlich erscheint, das aber die der Chemie Fernstehenden vor nutzlosen Versuchen oder trügerischen Hoffnungen bewahren mag, dem Chemiker und Physiker aber wiederum vor Augen führt, um wie vieles diese an und für sich wunderbar feine und exakte Methode von den subtilen Vorgängen des Zellgeschehens noch absteht.

II.

Die notwendigen Voraussetzungen für einen zellmikrochemischen Nachweis sind:

1. seine *Eindeutigkeit*. Diese kann durch eine einzige Reaktion oder durch Kombination einer Reihe von Einzelreaktionen erreicht werden.

2. die *Empfindlichkeit* [Erfassungsgrenze]. Sie wird am besten erreicht durch das Behrensche Prinzip, der *Kristallfällung*; es werden solche Verbindungen ausgewählt, die ein gutes Kristallisationsvermögen und ein möglichst großes Molekularvolumen besitzen. Die Empfindlichkeit wird angegeben in γ ($= \frac{1}{1000}$ mg) als die kleinste Substanzmenge, mit der die Reaktion noch eben sicher gelingt. — Man unterscheidet eine *theoretische* und eine *praktische* Empfindlichkeit¹⁾. Diese beiden Begriffe seien an einem Beispiel erläutert.

¹⁾ In letzter Zeit schlug F. Feigl (Mikrochemie I (1923), S. 4–20) vor, gleichwie in der Makrochemie unter „Empfindlichkeit“ ein *Verdünnungsverhältnis* zu verstehen und die kleinste absolute Menge Substanz, die durch eine Reaktion noch nachweisbar ist, als „Erfassungsgrenze“ zu bezeichnen. Da dieser sehr erwünschte Begriff aber noch nicht allgemein eingebürgert ist, verwende ich im folgenden: *mikrochemische Empfindlichkeit* = Erfassungsgrenze.

Der mikrochemische Nachweis von Cl- und Ag-Ionen mittels Silbersalzen bzw. durch Chloride zählt infolge der sehr geringen Löslichkeit des Reaktionsproduktes AgCl zu den empfindlichen Proben. In einem Tröpfchen von 1 mm³ (übliche Prüfungseinheit) lassen sich nach Behrens hierbei 0,05 γ Cl bzw. 0,1 γ Ag nachweisen. Diese Zahlen stellen die *praktische* Empfindlichkeit dar. Es ist klar, daß man bei der Kristallfällung stets eine größere Zahl von Individuen (AgCl-Kristalle) erzielt, von denen eigentlich ein einziges ausreichen würde, um einen positiven Reaktionsausfall zu entscheiden. Die *theoretische* Empfindlichkeit berechnet sich daher mit $1,5 \cdot 10^{-6} \gamma$ Cl bzw. $4,5 \cdot 10^{-6} \gamma$ Ag (Gewicht eines einzigen charakteristischen Kristallwürfels von 1 μ Seitenlänge [= $5,56 \cdot 10^{-6} \gamma$] + der nach der Theorie in Lösung verbleibenden AgCl-Menge [$0,38 \cdot 10^{-6} \gamma$])! Wie man sieht, liegen theoretische und praktische Empfindlichkeit hier um 4 Zehnerpotenzen auseinander ($5 \cdot 10^{-2} \gamma$ Cl gegen $1,5 \cdot 10^{-6} \gamma$ Cl). Der Gehalt eines durch Silberionen *oligodynamisch* wirkenden Wassers an Ag⁺ liegt, auch wenn man Liter davon auf ein kleines Volumen eindampft, unter dieser praktischen (theoretischen) Empfindlichkeitsgrenze, das Ag ist analytisch-chemisch *nicht* nachweisbar — trotzdem aber physiologisch in so augenfälliger Weise wirksam. Die Diskrepanz zwischen dem analytisch Erreichbaren und dem biologisch zu Fordernden tritt schon hier klar zutage.

In einem Falle gelingt es, die Empfindlichkeit [Erfassungsgrenze] bedeutend zu steigern — wenn es sich nämlich um den Nachweis an einer *ungelösten, festen Substanz* handelt. Dies benützte Emich bei seiner Lakmusseide (Empfindlichkeit $5 \cdot 10^{-4} \gamma$ HCl, $3 \cdot 10^{-4} \gamma$ NaOH) und dem Sulfidfaden, auf zellmikrochemischem Gebiete zählen hierzu die ältesten — und unübertrefflichsten Mikroreaktionen: der Nachweis der Stärke, von Glykogen, von Holzsubstanz (Phloroglucin-HCl), von Fett (Sudan III-Osmiumsäure) und Suberin, von Zellulose, Chitin, Keratin usw., deren Erfassungsgrenze bei allen bis in die Größenordnung $10^{-6} \gamma$ reicht. Bei genauer Analyse dieser Fälle zeigt sich, daß es sich hierbei nicht um rein chemische Umsetzungen handelt, sondern daß *physikalische* Faktoren mitspielen (Eingehen des Jod in eine „feste Lösung“, Adsorption, Farbstoffspeicherung usw.). Hieraus erklärt sich die durchschnittlich um 4 Zehnerpotenzen größere praktische Empfindlichkeit als

bei der großen Mehrzahl der empfindlichsten Innenreaktionen²⁾.

Gerade diese Gruppe der empfindlichsten Zellmikroreaktionen besitzt schließlich in hohem Maße eine weitere, erforderliche Eigenschaft, eine vollkommene

3. *Lokalisation.* Ihre Bedeutung bei allen Zellreaktionen wurde schon wiederholt hervorgehoben; bekanntlich stellen sich ihrer Verwirklichung große Schwierigkeiten entgegen.

Im folgenden seien nun vier herausgegriffene, für die biologische Mikrochemie wichtige Einzelfälle im Hinblick auf die eben erörterten Forderungen eingehend besprochen.

1. *Nachweis eines Kation.* Eine Reihe von anorganischen Kationen und Anionen läßt sich auch an Gewebsschnitten nachweisen³⁾. Meistens jedoch sind die Mikroreaktionen selbst bei hoher Empfindlichkeit (Mg-Nachweis als $MgNH_4PO_4$ nach O. Richter, Cl-Nachweis mit $AgNO_3 + NH_3$ nach Jung) nicht lokalisiert, haben daher für die Zellmikrochemie, wie oben angedeutet, einen nur beschränkten Wert. Um den zellokalisierten Nachweis der Elemente im Sinne der biologischen Mikrochemie bemühte sich insbesondere Macallum⁴⁾; seine Versuche beziehen sich auf den Nachweis des Eisens, des Phosphors (beide auch in „maskiertem“ Zustand), des Kaliums und Chlors. Die Methode des Phosphornachweises schien bereits Macallum selbst zweifelhaft und von neuem zu lösen; die Versuchsfehler seines Eisennachweises wurden von Wiener⁵⁾ kritisch aufgezeigt. Der Nachweis des Kalium mit Natriumkobaltnitrit jedoch gehört zu den besten und empfindlichsten mikrochemischen Verfahren und stellt das Vorbild einer wahrhaft zellokalisierten Reaktion dar. An Wert diesem nahe kommend verbleibt nur noch der Chloridnachweis mit $AgNO_3 + HNO_3$ unter nachträglicher Exposition im Lichte, wodurch das amorph gefällte Silberchlorid in das schwarze Photochlorid $[Ag_2Cl_2]$ umgewandelt und als solches sichtbar wird. Die Grenzmöglichkeiten dieser Reaktion seien im folgenden berechnet. Übungsobjekt sei eine Zelle mittlerer Dimensionen, eine Palisadenzelle des Kartoffelblattes ($135 \mu \times 30 \mu \times 30 \mu$). Ihr Volumen ist demnach ca. $90\,000 \mu^3$, ihr Gewicht $0,1 \gamma$. Nimmt man für diese eine Zelle den — irrealen — Fall an, daß man die theoretische Empfindlichkeit der $AgCl$ -Reaktion erreichen könnte, so müßte sie $0,7 \cdot 10^{-4} \gamma$ Cl enthalten (vergleiche die Ableitung hierfür auf S. 457), d. h.

etwa an KCl $1,7 \cdot 10^{-4} \gamma = 0,00017 \gamma$. Im Protoplasma + Zellsaft der Palisadenzelle (als Einheit aufgefaßt) müßte daher mindestens 0,2 % KCl enthalten sein, damit gerade einige eben mikroskopisch sichtbare schwarze Ag_2Cl_2 -Körnchen auftreten. Da jedoch, wie früher ausgeführt, die praktische Empfindlichkeit nie unterboten wird, so ergibt sich, daß das Cytoplasma der tierischen und pflanzlichen Zellen, in denen Macallum gewöhnlich Chloride nachweisen konnte, diese in einer Konzentration von mehreren Prozent enthalten mußte. Wenn Macallum in den Zellkernen und den Chromatophoren (Spirogyra, Tulipa) keinen positiven Niederschlag bekam, so besagt dies demnach nur, daß in diesen Gebilden die Chloridkonzentration unter etwa 1 % anzunehmen ist. Ob sie wirklich chloridfrei sind, vermag auch diese so empfindliche Probe nicht zu entscheiden.

Mit Absicht wurde zu dieser Diskussion die zweitbeste der bisher bekannten Mikroreaktionen herangezogen. Bei der Mehrzahl der Nachweismethoden für die Kationen und Anionen lassen sich derartige Berechnungen überhaupt nicht anstellen, d. h. sie führen zu dem Ergebnis, daß die einzelne Zelle einen Zellsaft besitzen müßte, der eine 20—50prozentige Lösung des betreffenden Salzes darstellte, oder anders ausgedrückt, daß man hundert oder mehr Zellen für eine eben positiv ausfallende Reaktion benötigt. Die nach den neueren Anschauungen für Stoffwechselvorgänge wichtigen Elemente wie Fe, Mn, Cu („Reizstoffe“), Brom, Jod, Fluor u. a. bleiben — abgesehen von einigen Ausnahmen, wo eine Speicherung vorliegt — überhaupt gewöhnlich unachweisbar, auch bei Summierung von Tausenden von Zellen („Schnitte“).

2. *Nachweis des Formaldehyds im Chloroplasten als Assimilationszwischenprodukt.* Seit Aufstellung von Bayers Assimilationshypothese waren fast ebenso zahlreiche Bemühungen darauf gerichtet, das mutmaßliche Zwischenprodukt, den Formaldehyd, makrochemisch durch Destillation einer großen Blattmenge oder durch andere Methoden darzustellen, wie ihn mikrochemisch am Chloroplasten nachweisend zu fassen (Polacci, Kimpflin). Wiewohl Willstätter und Stoll 1918 eingehend begründeten, daß eine eindeutige Darstellung von Formaldehyd aus Blattmaterial ebenso wenig zugunsten der Bayerschen Hypothese bedeuten würde, wie alle negativen Befunde gegen dieselbe, so sind derartige Bestrebungen auch in jüngster Zeit wieder aufgenommen worden. So versuchte Rouge⁶⁾ mikrochemisch in vivo nicht nur Formaldehyd, sondern auch drei andere mutmaßliche Assimilationszwischenprodukte: Glycolaldehyd, Glycerinaldehyd und Dioxyaceton nachzuweisen. Über die Resultate berichtet Rouge selbst: „Nous avons ainsi perdu un temps précieux en vaines recherches, qui toutes ont été négatives.“

²⁾ In dieser erhöhten Empfindlichkeit der physikalisch begründeten Proben liegt auch der Grund und Anreiz für die vielen mikrotechnischen Versuche einer chemischen Analyse der Zelle mittels Farbstoffen (vgl. Urna, Chromolyse, Abschn. III).

³⁾ Vgl. H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 2. Aufl., 1923, S. 25—113.

⁴⁾ A. B. Macallum, Die Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie in der biologischen Forschung. Ergebn. d. Physiologie Jahrg. VII, 1908, S. 552—645.

⁵⁾ A. Wiener, Beitrag zum mikrochem. Nachw. d. Eisens in der Pflanze usw. Biochem. Ztschr. 77. Bd., 1916, S. 27.

⁶⁾ E. Rouge, Recherche des premiers produits de l'assimilation chlorophyllienne du carbone. Journal suisse de Pharm. 59. Jahrg. (1921), Nr. 11 u. 12.

Die Unmöglichkeit derartiger Versuche sei durch folgende Rechnung veranschaulicht. Die durchschnittliche Größe eines runden Mooschloroplasten betrage 5μ (Durchmesser); dessen Volumen daher $65,4\mu^3$. Im Laufe eines Tages bildet sich in dem ursprünglich stärkefreien Chloroplasten ein Körnchen *autochthoner Stärke* in den wahren Dimensionen (ohne Quellung) von $2\mu \times 1\mu \times 1\mu$. Das Volumen der so gebildeten Stärke ist demnach $1,6\mu^3$, was (spez. Gew. = 1,5) einem realen Gewichte von ca. $2,4 \cdot 10^{-6}\gamma$ Stärke entspricht. Man kann nun dieses Gewicht gleichsetzen dem Gewichte des im Laufe des Tages in diesem Chloroplasten gebildeten Formaldehydes (= $2,4 \cdot 10^{-6}\gamma$ Formaldehyd⁷⁾). Da die Anwendung eines mikrochemischen Reagenses mit dem Zelltod⁸⁾ und Sistierung der Assimilation verbunden ist, kann man nur etwa die innerhalb einer Sekunde gebildete Formaldehydmenge zu erfassen hoffen. Bei einer gleichmäßigen Assimilation von 10 Stunden ($10 \times 60 \times 60 = 3,6 \cdot 10^3$ Sekunden) entsteht daher in dem Chloroplasten pro Sekunde $0,66 \cdot 10^{-10}\gamma$ Formaldehyd. Die empfindlichsten Mikroreaktionen können noch $10^{-3}\gamma$ bis $10^{-4}\gamma$ von Körpern im gelösten Zustande nachweisen. Es besteht demnach hier eine Differenz in der Größenordnung von 10^6 — 10^7 , eine derartige Spannung, daß sie auch nicht durch das Zusammenwirken der 20—50 Chloroplasten, die eine Zelle enthält, noch durch die Annahme einer längeren „Abfassungszeit“ für den Formaldehyd, noch durch Steigerung der Assimilationsintensität usw. überbrückt werden kann. Da die Jod-Stärke-Reaktion, die selbst $10^{-6}\gamma$ Stärke nachzuweisen erlaubt, bekanntlich zu den allerempfindlichsten Reaktionen zählt (Anwendung bei Titration!), so ist es sogar zweifelhaft, ob der Formaldehyd bei „Abfangung“ (siehe Abschn. III) der ganzen Tagesmenge lokal sichtbar gemacht werden könnte.

3. *Nachweis der Bestandteile der Plasmahaut.* Durch die jüngsten Untersuchungen von *Hansteen-Cranner*⁹⁾ und von *Boas*¹⁰⁾ über die Biochemie der pflanzlichen Plasmahaut wurde auch das Interesse der Mikrochemiker von neuem auf diese Stoffe gelenkt. Die Unmöglichkeit z. B., die eine wahrscheinliche Komponente der Plasmahaut, das *Cholesterin* (bzw. „Phytosterin“ als

7) Durch die Vernachlässigung der bei der Zuckerpolymerisation austretenden Moleküle Wasser ist die Zahl $2,4 \cdot 10^{-6}\gamma$ Formaldehyd für dasselbe Gewicht *autochthoner Stärke* etwas zu klein; ebenso ist zu bedenken, daß ein Bruchteil der frisch assimilierten Kohlehydratmenge für den „Betriebsstoffwechsel“ sofort verbraucht (veratmet) wird, eine Größe, die ebenfalls vernachlässigt wurde. Die Menge von $2,4 \cdot 10^{-6}\gamma$ Formaldehyd ist aus diesen beiden Gründen etwas zu klein.

8) Andere Möglichkeiten sollen im Abschn. III. S. 460 berührt werden.

9) *Hansteen-Cranner, B.* Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. *Meldinger fra Norges Landsbruk høiskole* Bd. 2, 1923, S. 10.

10) *Boas, Fr.* Biochem. Ztschr. Bd. 117, 1921, S. 166 bis 213, Bd. 129, 1922, S. 144—152; *Ber. d. Deutsch. Botan. Gesell.* Bd. 40, 1922, S. 32—37 u. S. 249—253.

Gruppenbegriff) nachweisend darzustellen, ergibt sich aus folgender Überlegung: Die Empfindlichkeit der vom Verfasser¹¹⁾ kürzlich näher beschriebenen mikrochemischen Anwendung der Digitoninmethode von *Windaus* beträgt $0,1\gamma$ Cholesterin. Auf Grund mikroskopischer Beobachtung kann man die an Lipoiden reiche Schicht des Protoplasmas („Plasmahaut“) höchstens als $\frac{1}{4}\mu$ dick annehmen, gerade an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit. Die Oberfläche einer Zelle mittlerer Größe (Palisadenzelle des Kartoffelblattes) beträgt ca. $16\,000\mu^2$. Das Volumen der cholesterinreichen Substanz pro Zelle beträgt demnach $4000\mu^3$. Wenn man annimmt, daß in dem Gemisch von wasserlöslichen und wasserunlöslichen Phosphatiden, Lecithinen und Phytosterinen, welches die Plasmahaut wahrscheinlich darstellt, bestenfalls $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{10}$ auf die Sterinkomponente entfällt, so enthielte die „Plasmahaut“ einer Zelle 800 — $400\mu^3$ Cholesterin, d. s. $800(400) \times 1,067$ (Dichte des Cholesterins) $\times 10^{-6}\gamma = 8,54(4,27) \cdot 10^{-4}\gamma$. In Zusammenhang mit der praktischen Empfindlichkeit der Cholesterinreaktion, d. i. der Fällung des schwer löslichen, aber nicht gänzlich wasser- und alkoholunlöslichen Digitonincholesterides, von $0,1\gamma$ ergibt sich demnach die Unzulänglichkeit eines solchen Beginns (Diskrepanz von 2—3 Zehnerpotenzen!). Selbst die theoretische Empfindlichkeit der Reaktion würde nur dazu hinreichen, einige haarfeine Nadelchen von Digitonincholesterid pro Zelle zur Bildung kommen zu lassen (berechnet unter Vernachlässigung aller sonstigen störenden Einflüsse), nie aber ließe sich eine zusammenhängende, an der vorher leicht plasmolysierten Zelle sichtbare Niederschlagshaut von Digitonincholesterid darstellen, die ja 3000 bis $4000\mu^3$ Digitonincholesterid enthalten müßte.

4. *Der Nachweis von Eiweißkörpern; die mikrochemische Verfolgung der Eiweißassimilation.* In dem Buche, in welchem die wertvollsten zellmikrochemischen Beobachtungen gesammelt sind, in *A. Meyers*¹²⁾ „Analyse der Zelle“, ist bereits darauf aufmerksam gemacht, wie schwer es gelingt, Eiweiß im Protoplasma einer erwachsenen Pflanzenzelle nachzuweisen. Mittels der Xanthoprotein- und Millonschen Reaktion war in Blattpalisadenzellen von *Tropaeolum* — wenn man von den Plastiden absieht — nur mit äußerster Sorgfalt Spuren von Eiweiß mikrochemisch festzustellen. Diese und ähnliche Befunde führen ja *A. Meyer*¹³⁾, vielleicht in Überschätzung der mikrochemischen Methode, sogar dazu, die Bedeu-

11) *H. Brunswik*, Der mikrochemische Nachweis der Phytosterine und von Cholesterin als Digitoninesteride. *Ztschr. f. wiss. Mikroskopie* 39, B.J. 1922, S. 316—321.

12) *A. Meyer*, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. I. Teil, 1920, S. 490.

13) *A. Meyer*, l. c. S. 440—442, und: Die in den Zellen vorkommenden Eiweißkörper sind stets eiweißartige Stoffe. *Ber. d. Deutsch. Botan. Ges.* 33, Bd. (1915), S. 373.

tung des Eiweißes für die Zusammensetzung des Protoplasmas auf die eines „ergastischen Stoffes“ herabzudrücken. — Ebenso schwierig gestaltet sich der mikrochemische Nachweis des Eiweiß im Zellkern. Die diesbezüglichen Ergebnisse wurden kürzlich von *Pratje*¹⁴⁾ zusammengefaßt. Er gelangt zu dem Schlusse, daß „wir keine wirklich einwandfreie mikrochemische Reaktion besitzen, die uns über den Aufbau und die nähere Lokalisation der Eiweißkörper in den Zellkernen etwas Näheres aussagte“. Auch die vom Verfasser¹⁵⁾ jüngst erörterten Möglichkeiten der Verfeinerung des mikrochemischen Eiweißnachweises durch Feststellung einer gewissen Anzahl von Aminosäuren (Tyrosin, Tryptophan, Histidin, Cystin) am Eiweißkomplex gilt natürlich nur für Eiweißanhäufungen in Zellen (kristallisiertes oder amorphes Reserveeiweiß, Gerüsteiweiß u. dgl.).

Nicht besser steht es mit dem Nachweis der Bausteine des Eiweißes, den Aminosäuren. Wohl sind einige derselben seit langem faßbar (Tyrosin, Leucin, Asparagin), neuerlich auch Tryptophan und Histidin, doch allgemein nur dort, wo es durch lebhaftes *Dissimilations*prozesse zu einer zeitweiligen Anhäufung einzelner dieser Substanzen kommt. Das theoretisch zu fordernde Wandern der Eiweißstoffe als Aminosäuren oder als Aminosäureanhydrid von einer Pflanzenzelle zur anderen sowie der Vorgang der Eiweißassimilation wird infolge der jeweilig vorhandenen zu geringen Quantitäten mikrochemisch nicht faßbar sein, auch nicht nach der noch ausstehenden Anpassung der Behrens'schen Methode der Aminosäurecharakterisierung als Kupfersalze an die Bedürfnisse der Pflanzenmikrochemie. Eine zahlenmäßige Begründung dieser Ansicht, wie sie für Punkt 1, 2 und 3 gegeben werden konnte, ist hier nicht möglich, erübrigt sich jedoch auch für denjenigen, der sich die schon unvergleichlichen analytischen Schwierigkeiten der Eiweißmakrochemie vor Augen hält.

Wenn in den angeführten vier Beispielen hauptsächlich nur die Verhältnisse der pflanzlichen Zelle berücksichtigt erscheinen, so hat dies einerseits seinen Grund darin, daß diese dem Verfasser, der selbst pflanzenmikrochemisch arbeitete, näher liegen, andererseits ist dies durch die Tatsache der weit geringeren Ausbildung einer „Mikrochemie für tierische Objekte“ bewirkt. In treffender Weise betont in jüngster Zeit wiederum *H. Stübel*¹⁶⁾, daß dieses Fehlen einer eigentlichen Tiermikrochemie großteils in der ganz anderen Organisation der Metazoenzelle bedingt sei.

¹⁴⁾ A. Pratje, Die Chemie des Zellkernes. Biol. Zentralbl. 40. Bd. (1920), S. 88—112.

¹⁵⁾ H. Brunswik, Über den eindeutigen makro- und mikrochemischen Nachweis des Histidins am Eiweißkomplex. Ztschr. f. phys. Chemie 127. Bd. (1923), S. 268—277 (Anhang).

¹⁶⁾ H. Stübel, Histophysiologie. Jahresbericht über die gesamte Physiologie usw. I. Bd. (Bericht über 1920), Berlin 1923, S. 9.

Gewiß wird die mikrochemische Methodik auch in der Tierphysiologie — besonders bei kleinen niederen Tieren — noch ausgedehnte Anwendung finden und eine gründliche Durcharbeitung erfahren¹⁷⁾. Die optimistische Auffassung *Stübel's* aber, daß die mikrochemische Methodik „an dem Hauptproblem, der Erforschung von Stoffwechselvorgängen von allgemeiner Bedeutung“ in der Botanik wie Tierphysiologie erst in ihren Anfängen steht, kann auf Grund des Ergebnisses der oben beispielsweise herausgegriffenen und näher analysierten Einzelfälle wohl nicht geteilt werden. Hierin steht die Zoologie mit der Botanik auf einer Linie — nämlich in streng gebundener Abhängigkeit von der bisherigen analytisch-chemischen Methode, die sich für das Eindringen in die subtileren chemischen Zellvorgänge als zu wenig empfindlich erweist. Die mikrochemischen Reaktionen besitzen eine „Erfassungsgrenze“ von durchschnittlich 0,01 γ —10 γ ; für die Zellmikrochemie würden Reaktionen mit einer Erfassungsgrenze von 0,01 γ —0,000 001 γ die problemlösenden sein.

III.

Da also für die Erfassung der Stoffwechselzwischenprodukte und kurz aller jener für die Erkenntnis der Lebensvorgänge wichtigen Substanzen, die keine Reservestoffe und auch keine Exkrete und Sekrete darstellen, der Mikrochemie eine Grenze gesetzt ist und, wie eben begründet, gesetzt sein muß, sucht man in der Biologie bewußt oder unbewußt nach anderen Methoden, die diesem Ziel dienen sollen, so z. B. *Unna*¹⁸⁾ mit der *Chromolyse* zur Charakterisierung von Eiweißkörpern, ferner *Keller*¹⁹⁾ mit der Elektroanalyse. Trotz wertvoller Einzelergebnisse sind diese Methoden gegenüber dem Gesamtproblem der mikrochemisch-physikalischen Analyse der Zelle jedoch wenig aussichtsreich und mehr als ein Symptom des angestrengten Tastens und Suchens der Wissenschaft aufzufassen, in dieser Grundfrage einen Fortschritt zu erzielen.

Mit der Herstellung des jetzigen, leistungsfähigen Mikroskopes war im Grunde der gesamte Fortschritt in der Biologie gegeben, der von 1840 bis heute erreicht wurde. Die biologische Mikrochemie stellt nur eine Auswertung hiervon unter Benützung der Ergebnisse der analytischen Chemie dar. In wesentlichen Punkten scheint ein weiterer Fortschritt in der bisherigen Entwicklungsrichtung nicht möglich zu sein. Immer

¹⁷⁾ Ein vom Verfasser (*H. Brunswik*, Über das Emulsin des Maikäfers, Mikrokosmos 16. Jahrg., 1923, Heft 9) kürzlich ausgearbeitetes kleines Beispiel sollte in dieser Richtung mit dazu anregen.

¹⁸⁾ *Unna*, P. G., und *H. Fein*, Zur Chromolyse des pflanzlichen Kernkörperchens. Biol. Zentralbl. Bd. 41 (1921), S. 495—507. Siehe auch *Unna*, *Abderhalden*, Handl. d. biolog. Meth.)

¹⁹⁾ *Keller*, R., Die Elektropolarität histologischer Farbstoffe, Arch. f. mikrosk. Anatomie, 1. Abt., 1920 (1921), 95, S. 61, 64. — Elektroanalytische Untersuchungen. Ebendort. — Neue Versuche über den mikroskop. Elektrizitätsnachweis. Wien, Braumüller, 1921.

dringlicher wird das Bedürfnis nach einer biologischen *Über-* bzw. besser gesagt *Untermethodik* zur chemisch-physikalischen Analyse. Das Mikroskop steht, wie uns theoretische Überlegungen sagen, schon längere Zeit an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit. Die Ultramikroskopie hat die in sie gesetzten Erwartungen auf *biologischem* Gebiete enttäuscht (*Gaidukov—Molisch*). Ebenso brachte die Mikroskopie bzw. Mikrophotographie mit U.-V.-Licht (*Köhler*) nichts wesentlich Neues. Worauf wären also dann von seiten der an den Fortschritt Glaubenden die Hoffnungen zu setzen?

Nirgendwo wäre es mißlicher zu prophezeien. Sicherlich ist, daß das von *Péterfi*²⁰⁾ ausgestaltete „mikrurgische Verfahren“ neue Entwicklungs- und Analysemöglichkeiten, in sich bergen könnte (Isolierungen usw.), wenn auch die methodische Begrenztheit jedes *mechanischen* Verfahrens nicht übersehen werden darf. — Ein anderer Weg, mehr chemischer Natur, liegt vielleicht in der Darreichung völlig *neutralen*, plasmaunschädlicher Verbindungen zur *vitalen* Aufnahme durch die Zellen, die dann für irgendeine chemische Reaktionskette in der Zelle als „abfangendes Reagens“ im Sinne von *Neuberg* zu wirken hätten. Im *Dimedon* konnte *Neuberg*²¹⁾ den ersten Vertreter dieses Typus herstellen. — Verwendung fand er freilich erst *extrazellulär* (Hefegärung), doch macht *Neuberg* auf die Anwendbarkeit dieser Methode in der Phytochemie aufmerksam. Derartige Substanzen müssen jedenfalls wasser- und lipoidlöslich sein. Hiermit wäre für die Analyse der Pflanzenzelle zumindest ein Ersatz für das erreicht, was bei den höheren Tieren durch die *Injektion* in die Blut- oder Lymphbahn erzielt werden kann — eine Methode, die durch den *wesentlich* verschiedenen Aufbau eines höheren Tieres und einer höheren Pflanze bei dieser, ebenso wie die Inokulationsversuche (*Ciamician* und

Ravenna), nie zu wirklich wertbaren Ergebnissen führen kann. Injektion und Inokulation bei Pflanzen muß dort, wo sie wirksam ist, die lebenden Zellen gravierend schädigen, dort, wo sie aber nicht mehr schädigt, wirkt sie entweder nicht oder kann dasselbe viel besser durch vitale Aufnahme der betreffenden Substanz von vornherein erreicht werden.

IV.

Zusammenfassend läßt sich demnach sagen: So wertvoll und unentbehrlich die *mikrochemische* Methode für die verschiedensten Zweige der Naturwissenschaften ist (sei es als Mikrochemie im engeren Sinne, als Mineral-, Paläo-, physiologische, forensische, hygienische und pharmazeutische Mikrochemie), so wenig kann sie infolge zu geringer Empfindlichkeit und zu wenig subtiler Lokalisation als *biologische* oder *Zellmikrochemie* bei der Lösung der Stoffwechselprobleme und weiterhin der Formwechselfragen entscheidend mitwirken. Versuche in dieser Richtung *müssen* aus theoretisch *errechenbaren* Gründen zu völligem Mißerfolge führen. Ein Fortschritt gerade in diesem Punkte ist *nicht* zu erwarten. Das keineswegs zu Unterschätzende aber, was die Zellmikrochemie bisher erreicht hat, ist der Nachweis und die Lokalisationsermittlung von Reserve- und Gerüststoffen sowie von Sekreten und Exkreten der Zelle. Der unterschiedlichen Gesamtorganisation der Metaphyten- und Metazoenzelle ist es zuzuschreiben, daß die Zellmikrochemie (neben der physiologischen und pharmazeutischen Mikrochemie) im Pflanzenreich ein ungleich größeres Tatsachenmaterial erarbeiten konnte als auf zoologischem Gebiete.

Die Untermethode, die „Submikrochemie“ jedoch, die zur Analyse des engeren Stoffwechsels und in weiterer Folge zu der des Formwechsels befähigt wäre, steht noch aus. Ohne schaffende Vorarbeit von Chemie und Physik kann ihre Entwicklung nicht gedacht werden. An die schrittweise Verwirklichung dieser — hypothetischen — Methode könnte dann — wie beim Mikroskop — wiederum ein *prinzipieller großer* Fortschritt der Biologie geknüpft sein.

Zur Ahnenfrage der Cirripeden.

Von Hjalmar Broch, Christiania.

Die Cirripeden oder Rankenfüßler — See- pocken und Entenmuscheln — nehmen unter den Krebstieren eine sehr abweichende Stellung ein, und ihre Verwandtschaft mit den übrigen Krebstieren ist in völliges Dunkel gehüllt. Nur insofern scheint unter den meisten Forschern Einigkeit zu herrschen, daß die gestielten Formen (die Entenmuscheln) die ursprünglicheren sind, wie ihre Organe in mehreren Beziehungen beweisen. Auf dieser Basis aber trennen sich die Forscher in zwei Lager, von denen die einen, sich auf embryologischen und biologisch-physiologi-

schen Daten stützend, annehmen, daß die mit fünf Skelettplatten des Mantels (des Capitulum) bepanzerten Formen die primitiveren Zustände zeigen, während die anderen meinen, daß die mit zahlreichen Platten des Capitulum und des Stieles bewehrten Formen die ursprünglicheren sind, da sie in älteren geologischen Schichten vorherrschen.

Die embryologischen Daten zeigen, daß auch bei allen Entenmuscheln, die mit vielen Platten am Capitulum bewehrt sind (*Scalpellidae*), ein Jugendstadium durchgemacht wird, wo nur fünf

chitinige, sogenannte „Primordialplatten“ auftreten, und erst später tauchen während der Verkalkung des Skelettes weitere „sekundäre“, accessorische Platten des Capitulum und des Stieles (Stielschuppen) auf. Das deutet entschieden darauf hin, daß die Vorfahren der Scalpellidae nur fünf (chitinige) Capitulumplatten hatten. Da weiter auch die fünf entsprechenden Capitulumplatten der Lepadidae anfangs als ebensolche chitinige Primordialplatten angelegt werden, können wir mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit behaupten, daß die gemeinsame Stammform der Cirripedia thoracica eine mit fünf chitininigen Mantelplatten bewehrte Krebsform gewesen ist.

Es ist weiterhin von höchstem Interesse, jene geologisch auftretenden Formen, die von anderen Seiten her als Ahnenformen beurteilt werden, kritisch genauer zu untersuchen; diese Formen sind wegen ihrer zahlreichen Skelettplatten die Grundlage der entgegengesetzten Annahme, daß also alle rezenten thoracien Cirripeden durch Reduktion des Skelettes entstanden sind. Da uns der englische Paläontolog T. H. Withers im Verlauf der letzten Jahre einige gewissenhafte Auseinandersetzungen darüber gegeben hat, ist auch von rein zoologischem Gesichtspunkte aus eine kurze Erörterung der Tragweite seiner Resultate von allgemeinem Interesse.

Im Jahre 1905 erschien eine französische „Monographie des Cirrhipèdes ou Thecostraces“ von A. Gruvel, der in einem einleitenden Abschnitt ganz kursorisch die alte Theorie verteidigt, daß die Vorfahren der jetzigen Cirripeden mit zahlreichen Platten gänzlich gepanzert wären. Als Belege der Theorie und als Illustrationen der Ahnenformen zieht er die fossilen Gattungen *Turrilepas* (Fig. 1 a) und *Loricula* (= *Stramentum*) (Fig. 2) heran; seine Abbildungen sind etwas schematisch nach den paläontologischen Originalabhandlungen wiedergegeben. In seiner grundlegenden Arbeit über amerikanische Seepocken führt Henry A. Pilsbry¹⁾ für diese Gattungen daraufhin die Gruppe der *Turrilepadomorpha* ein. — Eben diese Formen aber haben ein merkwürdiges Schicksal gehabt, dank den unermüdlichen und gewissenhaften Studien von T. H. Withers²⁾.

Die merkwürdigen, gepanzerten Tierformen *Turrilepas* und *Lepidocoleus* (Fig. 1) wurden anfangs als Urmollusken (Chitonen) aufgefaßt, später aber zu den Cirripeden gezogen. Wie aus den Zeichnungen hervorgeht, sind sie mit einem

kräftigen Panzer ziemlich gleichförmiger Platten bedeckt, und der Querschnitt zeigt, daß *Lepidocoleus* nur zwei, *Turrilepas* dagegen vier Plattenreihen besitzt (Gruvel gibt für die letztere acht Plattenreihen an). Ein Auseinanderklaffen kann, wenn es stattgefunden hat, nur entlang der scharfen „Ventralkante“ erfolgt sein. Wie Withers sagt, ist eine Ähnlichkeit mit den Cirripeden bei diesen Formen nicht nachweisbar, und ihre Zugehörigkeit zu dieser Gruppe ist mehr als problematisch; man folgt in der Tat nur dann dem richtigen Kurs, wenn man sie aus der Cirripediengruppe entfernt und unter den Tierformen „incertae sedis“ einordnet. Jedenfalls muß man einräumen, daß ihre Einreihung in der Ahnenreihe der Cirripeden verfehlt und wissenschaftlich nicht vertretbar ist.

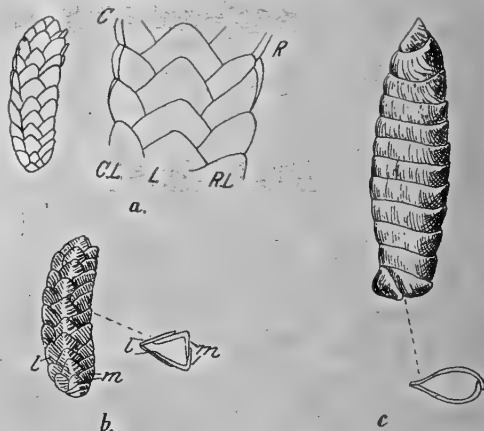


Fig. 1. a) Gruvels Auffassung von „*Turrilepas Wrightii*, H. W.“, links das ganze Tier, rechts die vermeintlichen Plattenreihen: C = carinale, C. L. = carino-laterale, L = laterale, R. L. = rostro-laterale und R = rostrale Schuppenreihen (nach Gruvel 1905). — b) Die nämliche Art, *Turrilepas wrightiana*, de Koninck sp. nach Withers (1915), rechts in Querschnitt, l = laterale Plattenreihen, m = mediane, gekielte Platten. — c) *Lepidocoleus sarlei* J. M. Clarke; unten Querschnitt (nach Withers 1915).

Noch interessanter wird die Frage betreffs *Stramentum* (*Loricula*). Von diesen Tierformen — es sind schon mehrere Arten bekannt geworden — können wir mit Sicherheit sagen, daß sie zu den Cirripeden gehören. — Die Zeichnung, die von Gruvel gegeben worden ist (Fig 2 a), ist eine etwas subjektivistische Idealisierung. Die klaffende Lücke zwischen zwei der Platten dürften ihn, wie Withers sagt, gewarnt haben, daß hier möglicherweise Defekte vorhanden seien. Schon Darwin ist in seiner Monographie der fossilen Cirripeden auf *Loricula pulchella* Sowerby eingegangen und deutet die Platten (von rechts nach links) als Scutum, Latus superius und Latus carinale, d. h. Darwin nimmt an, daß zwischen den auseinanderspreizenden Platten ein Tergum vorhanden gewesen ist, ebenso wie an der äußersten linken Seite eine Carina, an der rechten ein Rostrum. Diese Deutung scheint Gruvel entgangen zu sein. — Es ist nunmehr Withers gelungen, vollständige Exemplare von *Stramentum*

¹⁾ The sessile Barnacles (Cirripedia) contained in the collections of the U. S. National Museum, including a monograph of the American species. Smithsonian Institution U. S. National Museum, Bulletin 93, Washington 1916.

²⁾ a) Some Palaeozoic Fossils referred to the Cirripedia. Geological Magazine, N. S., Decade VI, Vol. II, London 1915. b) The Cirripede Genus Stramentum (*Loricula*): its History and Structure. Annals and Magazine of Natural History, Ser. 9, Vol. V, London 1920.

nachzuweisen; seine Abbildung eines vollständigen *Stramentum pulchellum* ist hier zum Vergleich als Umrißzeichnung wiedergegeben (Fig. 2 c); Darwins Annahme wird hier glänzend bestätigt, indem jedoch ein Rostrum fehlt. Man erkennt hier sofort eine überraschende Ähnlichkeit mit stärker gepanzerten Scalpellidae; auch die Entstehungszone der Stielschuppen am Übergang von Stiel zu Capitulum ist für *Stramentum* und den Scalpellidae gemeinsam, und man würde die Gattung der Entwicklungslinie *Calantica*—*Mitella* ohne weiteres seitlich anreihen, falls nicht die Carina bei *Stramentum* einen abweichenden Charakterzug zeigte: sie ist in zwei parallele lineare Platten der Länge nach gespalten.

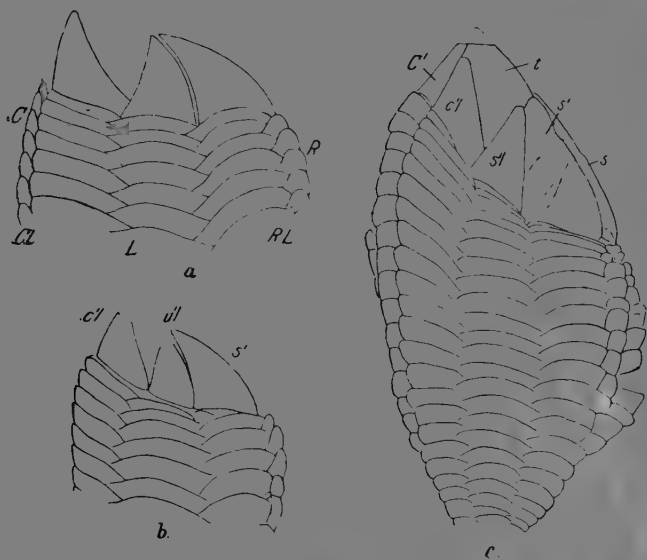


Fig. 2. *Stramentum (Loricula) pulchellum*, G. B. Sowerby sp. a) in Gruvels Wiedergabe. C = carinale, C.L. = carinolaterale, L = laterale, R.L. = rostrilaterale und R = rostrale Schuppen: Capitulumplatten „fangen bei dieser Art erst an zu erscheinen“. b) Konturzeichnung der nämlichen Partie des Original-exemplars. c) Umriß eines vollständigen Individuums (beide nach Withers 1920). c' = Carina, c'l = carinolaterale, s'l (u'l) = superior laterale, t = Tergum und s = Scutum der linken Seite, s' = Scutum der rechten Seite.

Es entsteht hier die Frage, ob die gespaltene Carina einen primitiven Charakterzug darstellt oder nicht, oder mit anderen Worten, ob *Stramentum* in der Ahnenreihe der rezenten Cirripedia einzureihen sei. — Hiergegen spricht in erster Linie die Tatsache, daß bei allen bis jetzt untersuchten lepadomorphen Cirripeden die embryologische (chitinige primordiale) Carina immer nur als eine ungeteilte Platte entsteht. Wir müssen uns deswegen überlegen, ob die zweigespaltene Carina in anderer Weise entstanden sein kann. Zwei Möglichkeiten wären dann denkbar. Einerseits, daß die als Carina angesprochenen Platten von *Stramentum* gar nicht der Carina entsprechen, sondern daß sie vielmehr den Terga der *Ibla*-Arten homolog seien, und daß somit eine wirkliche Carina fehlt. Dann müßten wir uns eine

Entwicklung von einer *Mitella* ähnlichen Form denken, wo die Carina unterdrückt ist, und zwei Lateren (Latus carinale und Latus inframedium) hinter Tergum beständen. Aber Form und Lage der Platten scheinen einer solchen Deutung zu widersprechen. Andererseits ergibt sich eine ganz andere Erklärungsweise durch das Studium der rezenten Scalpellidae, besonders der Gattungen und Arten von *Calantica*, *Smittium* und *Scalpellum*. Man beobachtet bei vielen dieser Arten, daß die Carina eine besondere Gestaltung annimmt, indem die Seitenpartien verdickt, die mediane Partie dagegen entlang der Dorsallinie dünner ist; eine weitere Entwicklung in dieser Richtung würde dann zu einer gespaltenen Carina führen, eben wie wir sie bei *Stramentum* antreffen.

Die neueren Untersuchungen deuten darauf hin, daß jedenfalls *Calantica* unter den rezenten Gattungen die ursprünglichste unter den Scalpellidae ist, von der sich die übrigen Scalpelliden zwanglos ableiten lassen. Die oben gegebenen Erwägungen zeigen uns, daß auch *Stramentum* mit Wahrscheinlichkeit von *Calantica* (oder *Scillaelepa*) herzuleiten ist; ein genaueres Studium der Skelettverhältnisse scheint auch diese Annahme durchaus zu stützen. Hieraus ergibt sich sofort, daß *Stramentum (Loricula)* keine Ahnenform der rezenten Cirripeden darstellen kann, sondern daß die Gattung vielmehr einen Seitenzweig der Scalpellidae vertritt, der auch kaum als eine eigene Familie aufgefaßt werden kann, geschweige denn als eine eigene Gruppe der Thoracica neben den Lepadomorpha, Verucomorpha und Balanomorpha.

Man hat oft danach gefragt, welche phylogenetische Rolle dem Cyprisstadium der Cirripeden beizumessen ist. Gewöhnlich spricht man ihm jede Bedeutung ab. Auch die Anatomie des Cirripedenkörpers bietet rätselhafte Züge dar, die den vergleichenden Anatomen Schwierigkeiten bereiten, ohne daß sie von den Phylogenetikern verwertet worden sind. Hier werden wir uns nur die Frage nach dem Abdominalabschnitt vor Augen halten.

Als Abdominalabschnitt deutet man die winzige Körperpartie hinter den sechs Cirrönpaaren — diese Partie ist oft ganz rudimentär oder sogar fehlend — und dem gewöhnlich mächtig entwickelten Penis. Es dürfte immerhin der Schluss unabweisbar sein, daß die Cirripedenverfahren ähnlich anderen „normalen“ Krebsstieren ein wohlentwickeltes Abdomen hatten. Wir müssen somit den Besitz eines besser entwickelten abdominalen Körperteils als einen phylogenetisch primitiven Charakterzug deuten.

Viele werden hier wohl fragen: gibt es denn auch Cirripeden, die ein deutliches Abdomen haben? Diese Frage muß tatsächlich bejaht werden. Erstaunlich ist es immerhin, daß mehrere parasitische Ascothoracica ein wohlentwickeltes Abdomen besitzen, das bei solchen merkwürdigen Formen wie *Synagoga* und *Laura* — deren Cirri-

pediennatur mitunter etwas fraglich erscheinen kann — nicht nur gut entwickelt, sondern auch

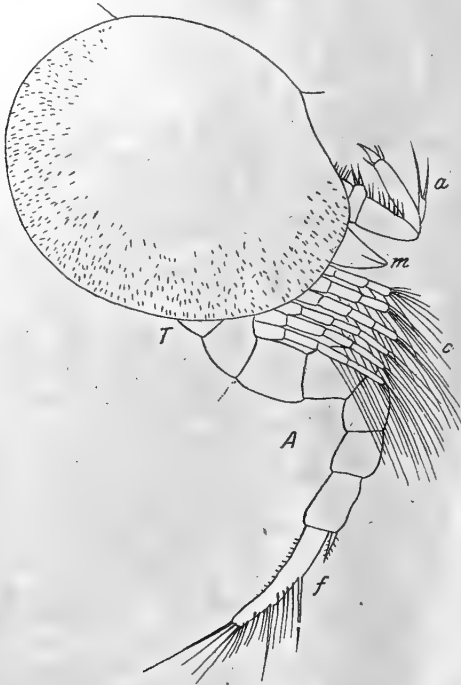


Fig. 3. *Synagoga mira* Norman (Umrißzeichnung nach Norman 1913). T = Thoraxpartie, A = Abdominalpartie. a = Antennulae, m = Mundkegel, c = Cirren und f = Furca.

mit Furcalanhängen ausgestattet ist. Ganz besonders interessant ist hier die von Norman³⁾

³⁾ *Synagoga mira*, a Crustacean of the order Ascothoracica. *Transactions of the Linnean Society of London*, 2. Ser. Zoology, Vol. 11, London 1913.

eingehender beschriebene *Synagoga*, die an Antipatharien bei Neapel gefunden worden ist.

Das Tier (Fig. 3) hat freie Antennulae, die zum Festhalten des Tieres gut geeignet sind. Der Thorax ist mit sechs Paar Spaltfüßen ausgestattet, und hinter dem Thorax hat das Tier einen fünfgliedrigen Abdomen, dem hinten zwei wohlentwickelte, mit Borsten reichlich ausgestattete Furcalanhänge angehängt sind. Cephalothorax ist in einer chitinen, zweiklappigen Schale eingeschlossen, und hierin erinnert das Tier nicht nur an die mit Abdomen versehenen Larven der deformierten *Dendrogaster*arten, sondern auch an die Cyprislarven der übrigen Cirripeden überhaupt, obwohl den letzteren ein wohlentwickeltes Abdomen nicht zukommt. Leider ist die Gattung bis jetzt nur in wenigen, in Alkohol fixierten Exemplaren bekannt, so daß man über die innere Organisation nichts erfahren konnte, so z. B. auch nicht, inwieweit solche charakteristischen Cirripedenorgane, wie Zementdrüsen, vorkommen. Immerhin stehen wir aber hier einem Typus gegenüber, der mehrere Cirripedenmerkmale mit allgemeinen Krebstiercharakteren vereinigt, und es liegt nahe, in mehreren Richtungen *Synagoga* als Illustration des wahrscheinlichen Krebstiertypus heranzuziehen, von dem sich die Cirripeden entwickelt haben.

Vorläufig möchte ich nur die Aufmerksamkeit der Forscher auf diese Arbeitshypothese lenken. Unsere Kenntnisse von *Synagoga* sind leider zurzeit viel zu mangelhaft um definitive Urteile zu fällen; ein Vergleich mit anderen Krebstiergruppen wie auch mit den übrigen Cirripeden läßt sich erst dann durchführen, wenn weiteres Material von *Synagoga* zu einer eingehenden anatomischen Untersuchung Gelegenheit gibt.

Physikalische Mitteilungen.

Die Isotopie der Elemente. Über die allgemeine Isotopie der chemischen Elemente ist in den Naturwissenschaften bereits früher berichtet worden (Naturwissenschaften 8, S. 289, 607 und 727, 1920), ferner möchte ich an dieser Stelle auf das lesenswerte Buch von Aston über „Isotope“ hinweisen, das jetzt in deutscher Übersetzung beim Verlage Hirzel erschienen ist. Neuerdings nun ist im Maiheft des Philosophical Magazine eine weitere Arbeit Astons erschienen, die die Liste der bis jetzt auf Isotopie untersuchten Elemente vervollständigt. Die von ihm benutzte Apparatur ist im wesentlichen dieselbe geblieben; Bekanntlich untersucht Aston in seinem sog. Massenspektrographen ein feines Kanalstrahlenbündel und kann dabei mittels einer gleichzeitigen Ablenkung durch ein elektrisches und ein magnetisches Feld mit einer Genauigkeit von 0,1 % auf das Atomgewicht der Elemente schließen. Hier ergab sich dann das bemerkenswerte Resultat, daß alle Atomgewichte ganzzahlig waren, die Elemente aber, deren Atomgewichte nach chemischen Methoden sich als nicht ganzzahlig herausgestellt hatten, erwiesen sich als Gemische von Isotopen. Eine kleine Abweichung von dieser Ganzzahligkeit konnte Aston bereits beim Wasser-

stoff feststellen, dessen Atomgewicht sich in sehr guter Übereinstimmung mit chemischen Methoden zu 1,008 ergab. Jetzt glaubt er auch eine solche beim Zinn gefunden zu haben. Zwar unterscheiden sich die acht Isotope des Zinns genau um ganze Einheiten im Atomgewicht, ein Vergleich jedoch mit den Isotopen des Edelgases Xenon zeigte, daß alle Isotope des Zinns ein um etwa 0,2 zu niedriges Atomgewicht hatten. Eine Erklärung für diese Abweichung läßt sich jetzt noch nicht geben und man muß weitere Versuche abwarten. Die folgende Tabelle enthält nun die vollständige Liste der bis heute nach der Methode der Kanalstrahlenanalyse auf Isotopie untersuchten Elemente.

Die Arbeiten Astons scheinen hiermit zu einem gewissen Abschluß gekommen zu sein, denn die Arbeitsmethode verlangt, daß die Elemente in genügender Menge im gasförmigen Zustand vorhanden sind. Bereits bei den letzten Untersuchungen hat Aston zu organischen Verbindungen greifen müssen, um eine hinreichende Flüchtigkeit der Substanz zu erzielen. Hierdurch erschwerte sich jedoch die richtige Identifizierung der Isotope.

Deshalb dürften wohl jetzt schon einige „statistische“

Tabelle.

Ordnungs- zahl	Element	Atomgewicht	Anzahl der Isotopen	Atomgewichte der Isotopen
1	H	1,008	1	1
2	He	4,00	1	4
3	Li	6,94	2	7; 6
4	Be	9,0	1	9
5	B	10,9	2	11; 10
6	C	12,00	1	12
7	N	14,008	1	14
8	O	16,000	1	16
9	F	19,00	1	19
10	Ne	20,20	2	20; 22
11	Na	23,00	1	23
12	Mg	24,32	3	24; 25; 26
13	Al	26,96	1	27
14	Si	28,3	2	28; 29; (30)
15	P	31,04	1	31
16	S	32,06	1	32
17	Cl	35,46	2	35; 37
18	A	39,88	2	40; 36
19	K	39,10	2	39; 41
20	Ca	40,07	2	40; 44
26	Fe	55,84	(2)	56; (54?)
28	Ni	58,68	2	58; 60
30	Zn	65,37	4	64; 66; 68; 70
33	As	74,96	1	75
34	Se	79,2	6	80; 78; 76; 82; 77; 74
35	Br	79,92	2	79; 81
36	Kr	82,92	6	84; 86; 82; 83; 80; 78
37	Rb	85,45	2	85; 87
50	Sn	118,7	7 (8)	120; 118; 116; 124; 119; 117; 122; (121)
51	Sb	121,77	2	121; 123
53	I	126,92	1	127
54	Xe	130,2	7	129; 132; 131; 134; 136; 128; 130
55	Cs	132,81	1	133
80	Hg	200,6	(6)	(197 — 200); 202; 204

Betrachtungen über das Auftreten von Isotopen im periodischen System der Elemente gerechtfertigt erscheinen. Der Kanalstrahlenanalyse sind im ganzen 34 Elemente mit Erfolg zugänglich gewesen; rechnet man noch die zehn radioaktiven Elemente hinzu, so ist also bereits fast die Hälfte der chemisch verschiedenen Elemente auf Isotopie untersucht worden. Bei den übrigen Elementen ist zu berücksichtigen, daß von diesen fünf überhaupt noch unbekannt sind und ein großer Anteil auf die seltenen Erden entfällt, deren Untersuchung auf Isotopie sich auch künftighin schwierig erweisen dürfte. Von diesen 34 nichtradioaktiven Elementen sind nun 79 Isotope bekannt, die sich jedoch sehr ungleich auf die einzelnen Elemente verteilen. So zeigt sich zunächst, daß alle Elemente mit ungerader Ordnungszahl sehr wenig Isotope besitzen, in keinem Falle sind mehr als zwei festgestellt worden, und selbst Elemente mit hoher O.-Z. stellten sich als einfach heraus. Ferner haben hier 20 Isotope ein *ungerades* Atomgewicht und nur bei den drei niedrigsten Elementen, Li, B und N, kommen auch Isotope mit *geradem* A.-G. vor. Im Gegensatz hierzu haben sich die Elemente mit *gerader* O.-Z. als sehr isotonenreich erwiesen. Insbesondere die Elemente mit hoher O.-Z. haben im Durchschnitt etwa 6 Isotope, die sich bis zu 8 Einheiten im Atomgewicht unterscheiden. Ein größerer Unter-

schied ist auch bei den radioaktiven Elementen bis jetzt noch nicht festgestellt worden. 18 Elemente mit gerader O.-Z. liefern nun bereits 56 Isotope (71 %), bei denen aber jetzt das gerade Atomgewicht bedeutend überwiegt (bei 45 Isotopen); nur 11 Isotope (14 %) haben auch hier ein ungerades A.-G. Es gelten also die beiden Regeln: Elemente mit *ungerader* Ordnungszahl sind isotonenarm, haben aber fast ausschließlich *ungerades* Atomgewicht. Elemente mit *gerader* O.-Z. hingegen sind isotonenreich und besitzen hauptsächlich Isotope mit einem *geraden* A.-G. Diese Regeln dürften sich vielleicht mit der Frage der Stabilität der Elemente in Zusammenhang bringen lassen, denn auch die Häufigkeit des irdischen Vorkommens der einzelnen Elemente scheint sich diesen Regeln einzuordnen.

Nimmt man nun an, daß auch bei den nichtradioaktiven Elementen sich ähnliche Zerfallsreihen aufstellen lassen, wie es bereits bei den radioaktiven gelungen ist, und fügt man nur zu der α -Abspaltung (Helium) und der β -Abspaltung (Elektron) im Sinne der Rutherford'schen Versuche eine Wasserstoffabspaltung hinzu, so müssen sich im Atomgewicht ganz bestimmte Regelmäßigkeiten ergeben. Bekanntlich erniedrigt sich ja bei einer Heliumabspaltung die Ordnungszahl um *zwei* Einheiten und das Atomgewicht gleichzeitig um *vier* Einheiten, bei einer Wasserstoff-

absplaltung müßte sich dann sowohl Ordnungszahl als auch Atomgewicht nur um je eine Einheit erniedrigen. Unter diesen Gesichtspunkten ist es interessant festzustellen, daß bei einer ganzen Reihe von Elementen die Atomgewichte abwechselnd um 1 und um 2 sich unterscheiden; z. B. die Reihe der Atomgewichte der ersten zwanzig Elemente: 4 (Helium), 7, (9), 11, 12, (14), 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40 (Calcium). (Liegen mehrere Isotope des Elementes vor so ist das häufigere gewählt worden.) Eine andere Reihe beginnt etwa beim Sc: 47, 48, 51, 52, 55, 56, 59, 60, 63, 64 (Zn). Um aber aus solchen Atomgewichtsreihen auf die tatsächliche Genesis der Elemente schließen zu können, reichen die vorliegenden experimentellen Versuche allerdings noch nicht aus.

R. Mecke.

Die Totalreflexion der Röntgenstrahlen. (A. H. Compton, Phil. Mag. 45, 1121, 1923.) Von Stenström sind bei Spektraluntersuchungen der Röntgenstrahlen zuerst Abweichungen von der Bragg'schen Beziehung

$$n\lambda = 2d \cdot \sin \alpha$$

beobachtet worden, wenn Röntgenstrahlen von großer Wellenlänge benutzt wurden. Später sind von anderer Seite (Siegbahn, Duane, Patterson und Hjalmar) auch bei kurzwelligeren Röntgenstrahlen solche Abweichungen beobachtet worden, die sich bei Wellenlängenmessungen nach der Bragg'schen Formel dadurch bemerkbar machen, daß die Wellenlänge verschieden herauskommt, wenn man zu ihrer Bestimmung verschiedene Ordnungen benutzt.

Diese Abweichungen lassen sich durch eine Brechung der Röntgenstrahlen im Kristall erklären. Sind α und λ Glanzwinkel und Wellenlänge außerhalb des Kristalls und α' und λ' die entsprechenden Werte im Kristall, so ist nach dem Brechungsgesetz

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \mu \text{ und } \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = \mu$$

oder für kleine Unterschiede von α und α' :

$$\frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} = \frac{1}{\mu} \left(1 - \frac{1 - \mu}{\sin^2 \alpha} \right)$$

Da die Bragg'sche Beziehung im Innern des Kristalls streng gelten muß, so wird

$$n\lambda' = 2d \cdot \sin \alpha'$$

also

$$n\lambda = 2d \cdot \sin \alpha \left(1 - \frac{1 - \mu}{\sin^2 \alpha} \right)$$

Aus dieser Beziehung läßt sich die Wellenlänge bei bekanntem Brechungsexponenten bestimmen, oder wenn die Beobachtungen für zwei verschiedene Ordnungen ausgeführt werden, Wellenlänge und Brechungsexponent ermitteln. Die Formel für den letzteren lautet dann:

$$1 - \mu = \delta = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_2} \cdot \frac{n_2^2}{n_1^2 - n_2^2} \cdot \sin^2 \alpha_1$$

wo λ_1 und λ_2 die aus der unkorrigierten Bragg'schen Formel berechneten Wellenlängen sind, die sich aus Messungen in der n_1 - und n_2 -Ordnung ergeben und wo α_1 der Glanzwinkel für die n_1 -Ordnung ist.

Diese Gleichungen sind instände, die experimentell gefundenen Abweichungen von der Bragg'schen Beziehung darzustellen.

Interessant ist es nun, daß sich die so ermittelten Brechungswerte nach der Dispersionsformel der klassischen Elektronentheorie berechnen lassen.

Wenn man in der für wenig von 1 abweichende

Brechungsexponenten gültigen Drude-Lorentz'schen Dispersionsformel:

$$\delta = 1 - \mu = \sum \frac{n_r e^2}{2\pi m (\nu^2 - \nu_r^2)} \dots (1)$$

(n_r Zahl der in der Volumeneinheit mit der Eigenfrequenz ν_r schwingenden Elektronen, ν Frequenz der einfallenden Strahlung — die Frequenzen sind hier einfach reziproke Wellenlängen —, e und m Elektronenladung und -masse) ν_r gegen ν vernachlässigt, wie es bei sehr kurzwelligen Strahlen möglich ist, so wird

$$\delta = \frac{n \cdot e^2}{2\pi m \nu^2} \dots (2)$$

wo jetzt n die in der Volumeneinheit vorhandene Zahl von schwingungsfähigen Elektronen ist. Diese Zahl wird gleich der in allen Atomen der Volumeneinheit überhaupt vorhandenen Elektronen, also für jedes Atom gleich seiner Ordnungszahl gesetzt und so der Brechungsexponent für Kalkspat gefunden

bei $\lambda = 1,473 \text{ \AA}$	$\delta = 1 - \mu = 8 \cdot 10^{-6}$
1,279 „	$6 \cdot 10^{-6}$
1,096 „	$4,5 \cdot 10^{-6}$

während nach Duane und Patterson aus den Abweichungen vom Bragg'schen Gesetz der Reihe nach $8 \cdot 10^{-6}$, $10 \cdot 10^{-6}$ und $3 \cdot 10^{-6}$ herauskommen würde.

Da der Brechungsexponent kleiner als 1 ist, muß beim Übergang von Luft in einen anderen Körper bei geeignet streifendem Eintritt Totalreflexion auftreten. Der Winkel der Totalreflexion ergibt sich aus

$$\cos \Theta = \mu = 1 - \delta = 1 - \frac{n e^2}{2\pi m \nu^2}$$

und berechnet sich z. B. für Crown Glas von der Dichte 2,52 und der Zusammensetzung $\text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \text{ SiO}_2$, da $\delta = 5,2 \cdot 10^{-6}$, zu $\Theta = 11'$ bei einer Wellenlänge von 1,279 Å. Das ist ein Wert, der durchaus meßbar ist.

Der Versuch wurde mit einer Spiegelglasplatte auf einem Goniometer mit dünnem Röntgenstrahlbündel (Öffnung 2') ausgeführt. Der reflektierte Strahl trat in die hinter einem mikrometrisch verstellbaren Spalt befindliche Ionisationskammer ein. Die vorausgesagte Totalreflexion wurde aufgefunden und zu etwa 10' bestimmt.

War die Platte versilbert, so ergab sich ein Wert von 22,5'. Daß wirklich Reflexion vorlag, wurde dadurch bestätigt, daß das reflektierte Bündel nahezu die gleiche Intensität (1:0,91) hatte wie das auffallende.

Die Berechnung des Brechungsindex für Crown Glas ist unbedenklich nach der vereinfachten Dispersionsformel auszuführen, da die Frequenz der benutzten Strahlung erheblich größer war als die der K-Strahlung des schwersten Elementes im Glase, des Calciums.

Beim Silber jedoch liegt die benutzte Wellenlänge zwischen K- und L-Strahlung des Silbers. Es wird daher die Eigenfrequenz in den beiden innersten Ringen in Rechnung gezogen. Nimmt man die mittlere K-Wellenlänge zu 0,39 Å, die mittlere L-Wellenlänge zu 2,9 Å an und setzt die Zahl der Elektronen im K-Ring gleich 2, die im L-Ring gleich 8, so wird der Wert von δ aus Gleichung (1) $19,8 \cdot 10^{-6}$, während die vereinfachte Gleichung (2) $20,3 \cdot 10^{-6}$ ergeben würde. Der Unterschied ist also so gering, daß selbst hier nach der einfachen Formel gerechnet werden kann. Die Übereinstimmung ist auch hier mit dem Experiment recht gut.

Folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der Resultate:

Substanz	Dichte	Wellenlänge Å	Winkeld. Totalrefl.	$\delta = 1 - \mu$	
				exp.	aus Dispersionsgl.
Glas..	2,52	1,279	10'	$4,2 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Glas..	2,52	0,52	4'	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$
Silber	10,5	1,279	22 5'	$21,5 \cdot 10^{-6}$	$19,8 \cdot 10^{-6}$

Tatsächlich findet sich also bei den untersuchten Substanzen ein Brechungsindexponent der ungefähren Größe. Gleichzeitig liefert die Übereinstimmung eine von sonstigen Bestimmungen unabhängige Bestätigung der Annahme, daß die Zahl der Elektronen im Atom eines Elementes gleich der Ordnungszahl ist.

Wegen der interessanten Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden *L. Grebe.*

Die Brille und ihre Herstellung. (*Spectacles and spectacle construction.* Trans. Opt. Soc. 1922/23, 24, 72—109.) Es handelt sich hier um den maßgebenden Bericht über die am 30. November v. J. abgehaltene Sitzung der Gesellschaft. Sie war der Brillenkunde gewidmet und mit einer Ausstellung von Geräten und Vorrichtungen für Brillenmacher verbunden. Dieser Bericht berücksichtigt die Arbeiten nach ihrer Reihenfolge. — *W. A. Dacey, Some recent developments in spectacle lenses.* 72—5, +. Bericht eines älteren Mitgliedes des Gewerbes über die Gläserformen (und Annäherungen an sie), die bei uns als *punktuell abbildende* bezeichnet werden würden. Zum Schluß geht er auf Schutzgläser gegen kürzestwellige Strahlen ein. Als Werkstoff seien *Crookes A* und *Crookes A₂* in England schon lange bekannt und würden auch vielfach verwandt. Auch *Filtraglas* (französischer Herkunft) und *Vitraglas* seien verwendbar; doch ziehe er die Crookesischen Glasarten ihrer Herkunft halber vor. — *O. P. Raphael, Standards of accuracy for ophthalmic prescriptions.* 75—8. Die Brillenwerke litten gelegentlich unter ungebührlichen Genauigkeitsforderungen ihrer Wiederverkäufer; die Aufstellung brauchbarer Genauigkeitsgrenzen sei erwünscht. — *W. Swaine, Paraxial actions of ophthalmic lenses.* 79—89 +. Wünscht die Aufmerksamkeit auf die Fehlerhäufung zu richten, die auf die verschiedenen Vernachlässigungen bei der Brillenanpassung folgen könne. — *Henry C. Raworthy, The „Ocentric“ eyeglass.* 89—92, 7 +. Das Wort *Ocentric* gehe auf *Orthocentric* zurück, und er wolle die verschiedenen Formen dieser Klemmeranlage beschreiben, die eine sehr genaue Anpassung der Gläser nach den Voraussetzungen für die Rechnung gestatteten. — *M. v. Rohr, On the available means for correcting cases of considerable anisometropia.* 92—6, 3 +. Es handele sich um die Entscheidung in der Frage, ob man in Fällen beträchtlicher Ungleichsichtigkeit (bis zu 20 dptr) größeres Gewicht auf die Übereinstimmung der Netzhautbildgröße oder der Augendrehwinkel zu legen habe. Zum Ausgleich brauche man Verbindungen von zwei oder gar drei kuglig begrenzten Gläsern, wenn die Ungleichsichtigkeit wirklich beträchtlich sei. Ziffernwerte für die Unterschiede der Drehwinkel beider Augen werden angegeben, da man neuerdings der Aufhebung dieses Unterschiedes ein besonderes Gewicht beilege. — *A. Whitwell, On the best form of spectacle lenses for the correction of small amounts of anisometropia.* 96—101, +. Eine ähnliche Aufgabe wie in dem vorhergehenden Falle wird unter Beschränkung auf geringe Ungleichsichtigkeiten und

einfache Brillengläser behandelt. Die Mittel zur Erreichung seines Zweckes seien 1. die Durchbiegung, 2. die Änderung des Brechungsverhältnisses der benutzten Glasart, 3. die Änderung des Abstandes zwischen innerem Brillenscheitel und Augendrehpunkt, 4. die Änderung der Mitteldicke des Brillenglases, 5. eine Dezentration der Linsen. In der vorliegenden Arbeit wird für Linsen von +4, +2, —2, —4 dptr der Gang der prismatischen Ablenkung für $w' = 20^\circ$ in seiner Abhängigkeit von der Durchbiegung der Linse untersucht und der Zusammenhang der prismatischen Ablenkung mit der Brechkraft der zweiten Fläche der Brille in vier Kurvendarstellungen festgelegt. Aus dem Verlaufe der Kurven lassen sich gewisse Regeln für die Linsengestaltung ableiten. Auch die Möglichkeit 3 wird für $D = 4$ dptr untersucht und ein sehr deutlicher Einfluß des w' -Wertes festgestellt. Eine Auseinandersetzung über die Möglichkeit, neben dieser Winkelforderung auch die Punktmaßigkeit der Abbildung zu erzielen, macht den Schluß des Aufsatzes. — Wird an dieser Stelle die Besprechung des Aufsatzes von *M. Dobson* über unbefugte Schielbehandlung übergangen, so folgt *J. R. Gardiner, Sir William Crookes' anti-glare glasses.* 103—9. Geschichtliche Angaben über die Crookesischen Arbeiten, die von Brillen zu möglichster Verhütung des Glasbläserstaus ausgingen, von dem jüngst verstorbenen *H. Powell* fortgesetzt wurden und jetzt von dem Vortragenden gefördert werden. Die Herstellung von Glasarten, deren Dämpfungswirkung auf die kürzestwelligen Strahlen zu beschränken sei, wäre unerwarteten Schwierigkeiten bei der Herstellung begegnet, die nun aber hoffentlich überwunden würden. In der Besprechung wurden Bedenken laut, ob die möglichst vollständige Dämpfung der kürzestwelligen Strahlen wirklich die Hauptaufgabe des Schutzglases sei, und ob nicht eher die Schwächung allzu großer Helligkeit sichtbarer Strahlen erstrebt werden solle. Auch habe *W. Crookes* ursprünglich für Glasbläser gerade die längerwelligen Strahlen beeinträchtigen wollen, doch höre man von dieser Seite der Aufgabe jetzt nichts mehr. — *Herbert S. Ryland, The manufacture of gold-filled spectacle frames.* 103—9, 8 +. Neuzeitige Herstellungsweisen der bei uns als *Doppelbrille* bezeichneten Fassung werden beschrieben und verschiedene Arbeitsgänge an Hand von Zeichnungen auseinandergesetzt. Zum Schluß wird auf die Möglichkeit hingewiesen, die heutigen rostfreien Stahlarten zur Herstellung von Brillengestellen zu verwenden.

M. v. Rohr.

Paramagnetismus und Quantentheorie. Kürzlich hat *B. Cabrera* in einem ausführlichen Artikel im Journal de Physique auf Grund eigener und fremder Beobachtungen den Atommagnetismus verschiedener Salze der Metalle der Eisengruppe bestimmt. Dabei benutzte Cabrera die bekannte Langevinsche Formel für die Suszeptibilität:

$$4\pi\chi = \frac{N m^2}{3 h T}$$

Aus der experimentell bestimmten Suszeptibilität berechnete Cabrera auf Grund dieser Formel den Wert m eines Ions oder Atoms; dabei legt er als Einheit für das magnetische Moment eines Atoms das sogenannte Weißsche Magneton zugrunde.

Paul S. Epstein zeigt nun in einem Artikel in der Science (Vol. LVII, Nr. 1479, 4. Mai 1923), daß die Ergebnisse von Cabrera auch auf Grund der Quantentheorie, d. h. also mit Hilfe des Bohrschen Magneton gedeutet werden kann. Er geht dabei von der von

W. Pauli in der Physikalischen Zeitschrift 1920 auf Grund der Quantentheorie abgeleiteten Formel für die Suszeptibilität aus:

$$4 \pi \chi = \frac{(j+1)(2j+1) N m'^2}{6 j^2 \frac{h T}{h T}}$$

Dabei stellt j die sogenannte innere Quantenzahl des Atoms und m' das Bohrsche Magneton dar, welches als Funktion der inneren Quantenzahl j bekanntlich durch folgenden Ausdruck gegeben ist:

$$m' = j \frac{e h}{4 \pi \mu}$$

Der Unterschied zwischen der Langevinschen Formel und der von Pauli besteht darin, daß Langevin auf Grund der klassischen Statistik alle Lagen des magnetischen Moments als möglich ansieht, während nach der Quantentheorie die magnetische Achse der Atome nur ganz bestimmte Winkel mit der Feldrichtung annehmen kann. Epstein setzt nun in die letztere Formel für j kleine ganze Zahlen ein, so ergibt sich in der Tat eine gute Übereinstimmung der berechneten Werte für die Suszeptibilität mit den experimentell gefundenen Werten. Die erhaltenen Werte sind aus der beigefügten Tabelle zu entnehmen.

Ion	$\chi \cdot 10^4$ berechnet	$\chi \cdot 10^4$ beobachtet	j
Cr+++.....	4,8	5,0	3
Cr++.....	7,7	7,9	4
Mn++.....	11,3	11,6	5
Fe+++.....		11,5	
Co++.....	7,7	7,9	4
Ni++ (gesättigt)	4,8	3,5	3
Ni++ (ungesätt.)	2,5	2,3	2
Cu++.....	1,0	1,1	1
Cu+.....	0	0	0

Man sieht aus den mitgeteilten Werten, daß mit Ausnahme des gesättigten zweifach geladenen Nickelions (gesättigt) die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ausgezeichnet ist. Bei Ni++ (gesättigt) scheint daher eine Diskrepanz zwischen Theorie und Experiment vorzuliegen. H. Kallmann.

The optical cosine law. (T. Smith, Trans. of the opt. soc. 1922/3, 24, 31—40.) Ein optisches Werkzeug soll im allgemeinen nicht einen Punkt, sondern einen mehr oder minder großen Gegenstand mit gleicher Güte abbilden. Im Jahre 1873 stellte E. Abbe die Bedingung auf: Damit eine Umdrehungsfolge ein zur Achse senkrechtes Linienstückchen vollkommen scharf wiedergibt, muß außer der scharfen Abbildung für den Achsenpunkt die Bedingung erfüllt sein:

$$a) n' \sin u' : n \sin u = 1 : \beta = \text{const.}$$

β Vergrößerung, u, u' Winkel eines einfallenden und austretenden Strahls mit der Achse, n, n' erstes und letztes Brechungsverhältnis). Ch. Hockin wies 1884 nach, daß für die scharfe Abbildung eines Stückchens der Achse das Verhältnis der halben Sinus fest sein muß. Weitere Verallgemeinerungen wurden von H. Bruns, M. Thiesen u. a. gefunden, sie zeigen Gesetze für die Abbildung von Linien- oder Flächenstückchen außerhalb der Achse einer Umdrehungsfolge oder auch für Linsenfolgen, die nicht Umdrehungsfolgen sind; das gemeinsame ist, daß in ihnen der Cosinus des Winkels mit dem abzubildenden Linienstück eine Rolle spielt; die Sinus mit anderen Linien treten nur in Sonderfällen auf.

Sehr allgemein läßt sich ein von A. E. Conrady freilich nur für Umdrehungsfolgen ausgesprochenes Verfahren benutzen, aus ihm folgt, daß zur scharfen Wiedergabe eines von einem scharf abgebildeten Punkte ausgehenden Linienstückchens für jeden Strahl von dem Punkte gelten muß:

$$b) n' \cos \varepsilon' - n \cos \varepsilon = \text{const.}$$

($\varepsilon, \varepsilon'$ Winkel des einfallenden und austretenden Strahles mit dem Linienstückchen und seinem Bilde).

In anderer Weise haben E. Lihotzky und F. Staebble 1919 die Abbesche Sinusbedingung verallgemeinert, indem sie zwar vom Achsenpunkte einer Umdrehungsfolge ausgingen, für ihn aber keine abweichungsfreie Abbildung annahmen; alsdann konnten sie eine Bedingung aufstellen, daß die Abbildung für ein zur Achse senkrechtes Linienstück die gleiche Güte hat wie im Achsenpunkt, wobei Staebble auch den Fall berücksichtigt, daß auch auf der Dingseite kein abweichungsfreier Punkt vorliegt.

Die Arbeit von Smith bringt in gewisser Weise beide Verallgemeinerungen zusammen. Das vom Verfasser abgeleitete Gesetz wird so ausgesprochen:

„Im Ding- und Bildraume sei je eine Richtung gegeben; die einfallenden und austretenden Strahlen mögen mit ihnen die Winkel θ und θ' bilden. Man betrachte die Strahlen, die der Bedingung genügen:

$$c) \cos \theta = p \cos \theta' + q$$

(p und q Konstante); sie werden im Ding- und Bildraum je eine kaustische Fläche Σ und Σ' bestimmen. Denkt man sich nun Σ um eine unendlich kleine Strecke in der gegebenen Richtung verschoben, so daß die Dingstrahlen nunmehr eine zu Σ kongruente Fläche Σ_1 von gleicher Lage berühren, so wird auch die entsprechende Fläche im Bildraume, Σ'_1 , zu Σ' kongruent, gleichliegend und in der ausgewählten Richtung verschoben sein; die Verschiebungen σ und σ' genügen der Gleichung $n' \sigma = n \sigma p$.

Die Gleichung c) stimmt mit der Conradyschen Gleichung b) überein, die also nicht nur für den Fall einer abweichungsfreien Abbildung ihre Bedeutung hat, sondern allgemein eine Beziehung zwischen den Strahlen im Dingraume und denen im Bildraume bedeutet, aus der allgemeine Gesetze für die Wiedergabe eines Linienstückchens abzuleiten sind.

Für den Beweis des Satzes verwendet T. Smith das Brunsische Eikonale, für den Beweis der Umkehrung eine Erweiterung des Fermatschen Satzes vom „kürzesten Lichtwege“.

Die Abbesche wie die Hockinsche Sinusbedingung und mehrere andere bekannte Sätze erscheinen als Sonderfälle des Smithschen Satzes.

Zum Schluß untersucht der Verfasser als weiteres Beispiel die Frage, inwieweit eine achsensymmetrische brennpunktlose Linsenfolge mit — bei Verschiebung einzelner Teile — veränderlicher Vergrößerung möglich wäre, die in jedem Falle unendlich ferne Gegenstände scharf abbildet. H. Boegehold.

A large aperture aplanatic lens not corrected for colour. (Th. Smith, Transactions of the Optical Society XXIV, 1922/23, Nr. 1, Seite 22—30.) Der Verfasser stellte sich die Aufgabe, ein System von zentrierten, nichtverkitteten Linsen ein und derselben Glassorte zu berechnen, das frei ist von sphärischer Aberration und von komatischen Fehlern bei einem großen relativen Öffnungsverhältnis. Aus den mathematischen Bedingungen für die Freiheit vom Kugelgestaltfehler und für die Erfüllung der Sinusbedingung, die dem Aufsatz über „Optical Calculations“ aus dem Dictionary of Applied Physics, 4, ent-

nommen sind, ergibt sich, daß ein solches System aus sich berührenden Linsen gleicher Stärke besteht, die durch unendlich dünne Luftlinsen — ebenfalls gleicher Stärke — voneinander getrennt sind. Hat man ein solches System, das die Sinusbedingung erfüllt, aber sphärisch überkorrigiert ist, so kann dieser Fehler durch eine entsprechende Änderung der Krümmungen behoben werden. Wird zunächst die Komä- bzw. Sinusbedingung unberücksichtigt gelassen, so kann — der Dingpunkt in großer Entfernung vorausgesetzt — der Kugelgestaltfehler in erster Ordnung beseitigt werden. Hierzu sind notwendig 2 Linsen bei der Brechzahl $n = 2,5$, 3 Linsen bei $n = 1,75$ und 4 Linsen bei $n = 1,5$.

Fig. 1 zeigt ungefähr die Form eines solchen aus vier Linsen bestehenden Systems. Es zeigte sich, daß man gleichzeitig die Sinusbedingung erfüllen kann, wenn die Brechzahl höher genommen wird, als es allein für die Aufhebung der sphärischen Aberration notwendig ist. Für ein System von vier Linsen muß die Brechzahl mindestens den Wert $n = 1,54321$ besitzen.

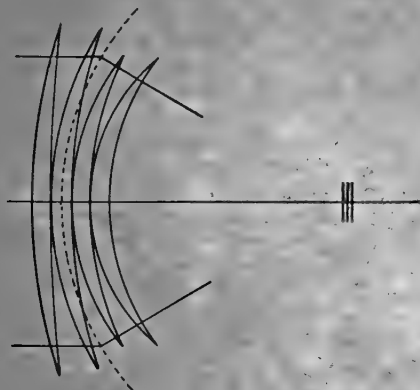


Fig. 1.

Es werden alsdann die Radien eines auf dieser Grundlage berechneten Systems von vier Linsen gegeben, dessen relatives Öffnungsverhältnis näherungsweise $f:1$ beträgt. Während der Kugelgestaltfehler recht gut behoben ist, zeigt die Brennweite für die verschiedenen Einfallshöhen eine Änderung bis zu 2%. Diese Änderung wird mit einer gleichmäßigen Durchbiegung sämtlicher Linsen berichtigt. Die Brennweitendifferenzen betragen nur mehr $\frac{1}{2}\%$, aber in bezug auf sphärische Abweichung ist das System nun unterkorrigiert. Um diese Unterkorrektur zu beseitigen, muß eine höhere Brechzahl gewählt werden. Durch Extrapolation wurde $n = 1,6$ gefunden. Eine nochmalige, gleichmäßige Verstärkung der Durchbiegung sämtlicher Linsen ist notwendig, um die Sinusbedingung zu erfüllen. Damit aber ist ein System erhalten, das tatsächlich für ein relatives Öffnungsverhältnis von $f:1$ sphärisch korrigiert ist und die Sinusbedingung erfüllt; die Zonenfehler sind beide Male erstaunlich gering. Der Kugelgestaltfehler erreicht nur Werte von etwa $f/2500$.

Eine graphische Darstellung der sphärischen und komatischen Korrektur zeigt, daß die erhaltenen Kurven mit großer Annäherung als Kreise dargestellt werden können, wenn man als Abszissen die Schnittweiten bzw. Brennweiten und als Ordinaten die Quadrat der Einfallshöhen der achsenparallelen Strahler aufträgt.

Der Ort des Brennpunktes eines solchen Systems ändert sich rasch, wenn sich die Wellenlänge des Lichtes ändert; das System ist eben chromatisch vollstän-

dig unkorrigiert. Dagegen ändert sich die gute Korrektur des Systems in bezug auf die Achsenfehler nur verhältnismäßig langsam, wenn man allmählich zu Lichtstrahlen anderer Farbe übergeht. Selbst über das ganze sichtbare Spektrum wird eine recht gute Korrektur beibehalten.

Es besteht wohl die Möglichkeit, jede einzelne der vier Linsen durch ein achromatisches System mit entsprechenden Krümmungsradien zu ersetzen, um auch chromatische Korrektur zu erzielen. Das Öffnungsverhältnis von $f:1$ kann dann allerdings nicht mehr erreicht werden. Der Verfasser bemerkt, daß man nach diesem Prinzip große Fernrohrobjektive konstruieren könnte, die 100mal lichtstärker wären als die jetzt bekannten. Über die Schwierigkeit der Zentrierung solcher Objektive, über die Größe der Lichtverluste durch Absorption und Reflexion und dgl. wird jedoch nicht berichtet.

Der Verfasser erwähnt außerdem im Anfang seiner Abhandlung, es sei wohl bekannt, daß man mit einer Reihe dünner sich berührender Sammellinsen einen reellen Dingpunkt aberrationslos in einen reellen Bildpunkt abbilden könne. Solche Systeme wären jedoch für praktische Zwecke — und zwar für spektroskopische Arbeiten — erst in neuester Zeit durch die englische Firma Roß ausgeführt worden. Hierzu muß folgendes bemerkt werden: In dem Buch „Die Bildzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik“¹⁾ ist im V. Kapitel, betitelt „Die Theorie der sphärischen Aberrationen“ von A. König und M. v. Rohr darauf hingewiesen worden, daß das erste Glied der sphärischen Aberration sich in Systemen aus dünnen Sammellinsen ein und derselben Glassorte fortschaffen läßt. Es wurde ein solches System aber auch praktisch ausgeführt als Quarzlinienobjektiv für eine mikrophotographische Einrichtung für ultraviolette Licht. A. Köhler und M. v. Rohr berichten über ihre diesbezügliche Arbeit in der Zeitschrift für Instrumentenkunde im XXIV. Jahrgang 1904, S. 341–349. Zum Unterschied von dem durch Smith angegebenen System wurde bei diesem von der Firma Carl Zeiß, Jena, ausgeführten Objektiv mit großer Apertur die Herbeiführung der Aplanasie durch Einschaltung einer Negativlinse erreicht. Dieses Quarzsystem ist für die Wellenlänge $\lambda = 275 \mu$ korrigiert und zeigt ebenfalls bemerkenswert kleine Zonen.

H. Hartinger.

A method of measuring small differences of the refractive indices. (J. W. Obreimoff, Transactions of the Opt. Inst. in Petrograd Vol. 1, Nr. 1, Berlin 1922, 15 S., 3 Taf.) Um die Homogenität des in der Petersburger Porzellan- und Glasfabrik erzeugten Glases unmittelbar nach Aufbrechen der Hafen schnell und sicher überwachen zu lassen, hat Obreimoff eine ursprünglich von J. C. Schröder, van der Kolk, Cheshire und Martin angegebene Methode zur Messung der Brechung und Dispersion beliebig geformter, durchsichtiger Körper so umgestaltet, daß sie durch ihren enormen Zeitgewinn und die Einfachheit des Instrumentariums außer für den gedachten Zweck weitgehender Verwendung in Physik und Technik fähig scheint. Einerseits gelingt es mit einer für technische Zwecke hinreichenden Genauigkeit, die Refraktionsmessung an 20–30 Glasproben an einem Tage zu erledigen, eine Arbeit, die sonst bei geringerer Genauigkeit einschließlich des dann nötigen Anschleifens und Polierens der Stücke zwei Wochen beansprucht; andererseits wird nachge-

¹⁾ Herausgegeben von M. v. Rohr, XXII, 587 S. mit 133 Textfig. Berlin, J. Springer, 1904.

wiesen, daß unter Beachtung einiger Vorsichtsmaßregeln in bezug auf Temperaturänderungen, Refraktionsdifferenzen mit einer Genauigkeit von $1 \cdot 10^{-6}$ festgestellt werden können, wie es sonst nur mit Interferometern möglich ist. Die Methode benutzt die Erfahrungstatsache, daß beliebig geformte, durchsichtige Körper in Flüssigkeiten gleichen Brechvermögens und gleicher Dispersion unsichtbar werden. Da in der Regel nicht völlig gleiche Dispersion erreichbar ist, so tritt die Unsichtbarkeit nur für monochromatisches Licht bestimmter Wellenlänge ein und verrät damit den Schnittpunkt der Dispersionskurven der Flüssigkeit und der Glasprobe. Ist nun etwa die Kurve der Dispersionsdifferenzen zwischen der Flüssigkeit und einem Musterglas sowie die Dispersionskurve des Musterglases bekannt, so ist aus der ermittelten Lage des Schnittpunktes der Dispersionskurven von Flüssigkeit und Glasprobe mit hinreichender Genauigkeit die Refraktionsdifferenz zwischen Glasprobe und Musterglas gegeben. Die Dispersionskurve des Musterglases muß auf gewöhnliche Art bestimmt werden, dagegen kann die Dispersionsdifferenzenkurve zwischen diesem und der Flüssigkeit sehr einfach und genau durch die vom Verfasser gegebene Beobachtungsmethode festgelegt werden. Bei der Versuchsanordnung des Verfassers durchleuchtet eine in allen Wellenlängen des Spektrums variable monochromatische Punktlichtquelle einen die Flüssigkeit mit dem Musterglas und der Glasprobe enthaltenden durchsichtigen Trog (als Flüssigkeiten haben sich wegen ihrer langsamen Verdunstung und geringen Hygroskopie Mischungen von Petroleum, Cèdèrnöl, Bromoform, Tetrabrommethan und Monobromnaphthalin bewährt). Beobachtet wird entweder durch ein auf der anderen Trogseite aufgestelltes Okular der Moment des Verschwindens der Glasstücke während der stetigen Farbenänderung der Lichtquelle, oder besser, weil empfindlicher, die Anordnung und das Verschwinden der auf einem weißen Schirm an der Okularseite aufgetragenen Lichtverteilung mit Interferenzfransen, für die der Verfasser eine elementare Theorie gibt. Auch bei stark schlierigen Stücken läßt sich aus dem Verschwinden der Interferenzen die Differenz der Brechungsindizes ohne Schwierigkeit bis auf $1 \cdot 10^{-5}$ genau angeben. Wenn die Flüssigkeit zum Temperaturausgleich ständig gerührt wird, läßt sich die Genauigkeit auf $1 \cdot 10^{-6}$ steigern. Wird das mit der Farbenänderung der Lichtquelle wiederholte Auftauchen und Verschwinden der Interferenzen beobachtet, die entstehen, wenn das Licht die rechtwinklig abgeschnittene Seitenfläche eines planparallelen Musterglases streift, so läßt sich daraus, wie Verfasser zeigt, mit gleicher Genauigkeit die Dispersionsdifferenzkurve zwischen Flüssigkeit und Glas ermitteln.

Die hohe Genauigkeit und Zeitersparnis der Methode lassen erwarten, daß man sie konstruktiv zu einem Refraktometer mit gleicher Meßgenauigkeit verdichten könnte, das dem immerhin schwierig zu handhabenden Interferometer in mancher Beziehung vorzuziehen wäre. In einfacherer Form glaubt Verfasser ein solches Instrument sogar dem Pulfrichschen Refraktometer an Zeitersparnis überlegen. Für spezielle technische Zwecke, z. B. Konzentrationsbestimmung, von Lösungen, sind weitere Vereinfachungen möglich.

A. Kühl.

Verflüssigung des Heliums in Canada. (Nach einer Mitteilung von J. C. Mc Lennan in *Nature* Bd. 112, S. 135–139, vom 28. Juli 1923.) Fünfzehn Jahre nachdem es Kamerlingh Onnes in Leiden zum ersten Male gelang, das gasförmige Helium in den flüssigen

Zustand überzuführen, kommt die Nachricht, daß es außer dem berühmten holländischen Kältelaboratorium noch eine zweite Stelle der Erde gibt, wo die Verflüssigung des Heliums durchgeführt worden ist. Diese Kunde ist für die Physik insofern von großer Bedeutung, als es nun voraussichtlich binnen kurzem möglich sein wird, die bisher einzig dastehenden Versuche, welche Kamerlingh Onnes im Bereich der tiefsten Temperaturen anstellte und die unter anderm zu der Auffindung der Supraleitung (Verschwinden des elektrischen Widerstandes) führten, unter veränderten Bedingungen zu bestätigen.

Das neue Kältelaboratorium steht unter der Leitung von Prof. J. C. Mc Lennan und ist am 24. Januar dieses Jahres an der Universität Toronto in Canada eröffnet worden. Bereits bei dieser Gelegenheit konnte seinen Besuchern neben flüssiger Luft und flüssigem Wasserstoff auch flüssiges Helium vorgeführt werden. Der Anstoß zur Begründung des Laboratoriums wurde durch die Auffindung der amerikanischen Heliumquellen gegeben, deren Ergiebigkeit so groß ist, daß man bald nach Beginn des Krieges die Frage erwar, ob man Luftschiffe mit Helium anstatt mit dem leicht explosiblen Wasserstoff füllen sollte. Eine Überschlagsrechnung ergab, daß die Gasquelle in Bow Island bei Calgary in Alberta pro Jahr etwa 400 000 cbm Heliumgas liefert. Im Auftrage der britischen Admiralität führte Mc Lennan die wissenschaftliche Untersuchung dieser Gasquelle durch und entnahm ihr größere Heliummengen, die in Stahlflaschen unter einem Druck von 150 at aufbewahrt wurden. Die Analyse des roh gereinigten Gases ergab nur 5 bis 10 % Verunreinigungen, die wesentlich aus Stickstoff und Methan bestanden. Da schwer kondensierbare Gase, wie Wasserstoff und Neon, nicht beigemischt sind, so kann das Gas leicht durch Ausfrieren der Beimengungen weiter gereinigt werden, indem es unter einem Druck von 150 at durch flüssige Luft von -205° geleitet wird.

Im Winter 1919/20 entstand der Plan, das in Calgary gewonnene Helium wissenschaftlichen Zwecken dienstbar zu machen. Die Mittel zur Einrichtung des kryogenen Laboratoriums wurden durch kanadische wissenschaftliche und industrielle Vereinigungen, durch die Carnegiestiftung und die Universität Toronto bestritten. Sie ermöglichten die Beschaffung einer Luft-, einer Wasserstoff- und einer Heliumverflüssigungsanlage. Es können dort zurzeit pro Tag 300 kg flüssige Luft gewonnen werden. Die Anlagen zur Verflüssigung von Wasserstoff und Helium sind nach dem Leidener Vorbild konstruiert, indem die Gase in geschlossenen Kreisläufen, bestehend aus einem Gasometer, dem Kompressor und dem Verflüssiger, herumgeleitet werden. Der verfügbare Wasserstoff mußte vor der Verflüssigung einer besonderen Reinigung unterzogen werden, die nach den bereits von Kamerlingh Onnes gegebenen Vorschriften durchgeführt wurde. Der Verflüssiger erlaubt stündlich 10 bis 15 Liter flüssigen Wasserstoff zu erzeugen, so daß leicht ein Vorrat von 50 Litern hergestellt werden kann. Beim Heliumverflüssiger gelang die thermische Isolation in so vorzüglicher Weise, daß 10 Liter flüssigen Wasserstoffes für die Vorkühlung genügen, um mehr als 1 Liter flüssiges Helium darzustellen. Das gasförmige und auf etwa 40 at komprimierte Helium wird in mehreren Stufen bis auf die Temperatur des bei 6 cm Druck siedenden Wasserstoffs gebracht, bevor es nach dem Joule-Thomson-Prinzip dem Verflüssigungsprozeß unterworfen wird.

Henning.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Die Hautdrüsen des Menschen und der Säugetiere, ihre biologische und rassenanatomische Bedeutung sowie die Muscularis sexualis. (P. Schiefferdecker, Zoologica. Originalabhandlung aus d. Gesamtgeb. d. Zoologie Bd. 27, Lief. 5 u. 6, Heft 72, Quart 154 S. m. 1 Abb. i. Text u. 8 farb. Taf. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandl., Stuttgart, 1922.) In einer umfangreichen und eingehenden Monographie hat Verf. die Hautdrüsen behandelt, ein schon oft bearbeitetes Thema, das aber immer noch manches Neue ergab. Die Hautdrüsen werden eingeteilt in: a) die „holokrinen“ Drüsen (Talgdrüsen oder Haarbalgdrüsen), b) die „merokrinen“ Drüsen (große und kleine Schweißdrüsen). Das war schon bekannt, nun teilt Verf. die „merokrinen“ Drüsen weiter ein in: a) die „merokrinen-apokrinen“ Drüsen (große Schweißdrüsen des Menschen, die Drüsen der behaarten Haut der meisten Säugetiere und die Milchdrüsen und Mammarydrüsen) und b) die „merokrinen-ekkrinen“ Drüsen (kleine Schweißdrüsen des Menschen, die Drüsen in der Sohle von Katze und Hund, in der Rüsselscheibe des Schweines usw.). Für den kurzen Gebrauch bezeichnet Verf. die „apokrinen“ Drüsen als a-Drüsen, die „ekkrinen“ Drüsen als e-Drüsen. Diese beiden merokrinen Drüsenarten unterscheiden sich ganz scharf voneinander durch die „morphologischen Vorgänge“ bei der Sekretion, ihre „Entwicklung“ und ihr „Vorkommen“.

Eigentliche Schweißdrüsen sind nur die e-Drüsen, daraus folgt, daß nur der Mensch regelrecht „schwitzt“, die Affen mehr oder weniger, die Hunde und Katzen an den Sohlen, die sonstigen Säuger gegebenenfalls an den Orten, wo sie e-Drüsen besitzen. Wenn das Pferd zu schwitzen scheint, so kommt das daher, daß seine Drüsen eine Flüssigkeit absondern, die einigermaßen das „wirkliche“ Schwitzen ersetzen kann, aber kein wirklicher Schweiß ist. Das allgemeinere „Schwitzen“ beginnt demnach erst im „Primatenstamme“ und erreicht seine höchste Ausbildung beim „Menschen“, was sehr wichtig ist, denn auf diese Weise ist der Mensch befähigt, in sehr verschiedenen Klimaten zu leben. Bei den e-Drüsen erfolgt wahrscheinlich nur eine einfache Ausscheidung von Flüssigkeit, hin und wieder zeigen sich auch kleine Kügelchen oder Tröpfchen, die Zellen werden nicht verändert. Bei den a-Drüsen dagegen findet sich ein vollständiger Kreis von Absonderungsveränderungen der Drüsenzellen: von der platten durch die Zylinderzelle hindurch zu Zylinderzellen mit Auswüchsen, die entweder entleert oder abgestoßen werden (Dekapitationsvorgang). Daher gibt es bei diesen Drüsen ein „merokrinen-nekrobiotisches“ Stadium, das aber nur vorübergehend ist und nur einen Teil jeder Zelle betrifft. Die Drüsen sondern daher ein „stoffreiches“ Sekret ab und können aus diesem Grunde einmal entgiftend wirken (Grundbedeutung), wie auch ernährend (Milchdrüse). Diese a-Drüsen sind nicht als eigentliche Hautdrüsen entstanden, sie finden sich auch im Darms und den Geschlechtsorganen und sind nur bei den Säugern in die Haut geraten. Verf. hat sie als eine besondere Drüsengruppe, die „Stoffdrüsen“ von allen anderen unterschieden. Es wird dann weiter der „Ausführungsgang“ der beiden Drüsenarten besprochen, der auch noch Funktionen besitzt: so wird bei den e-Drüsen wahrscheinlich, namentlich bei sehr reichlichem Schweiß, ein großer Teil der Flüssigkeit von den

Hautgefäßen aus durch den in der Oberhaut (Keimschicht) gelegenen Teil des Ausführungsganges entleert. Es kommen also beim Schwitzen nicht nur die Drüsen und Drüsenerven, sondern auch die Hautgefäße und ihre Nerven in Frage. — Diese a-Drüsen oder Drüsen mit „Auswuchssekretion“ sind also im wesentlichen ein tierisches Kennzeichen, man kann demnach annehmen, daß sie bei der Entwicklung des Menschen aus dem Tiere allmählich verschwunden sind, durch die Affen zum Menschen hin. Diese Tatsache wird auch durch die Entwicklungsgeschichte erwiesen. Man kann demnach die meisten Säuger als „a-Drüsen-Tiere“ bezeichnen, die Affen als „gemischtdrüsig“ und den Menschen als „e-Drüsen-Tier“.

Beim „deutschen Manne“ finden sich a-Drüsen in der Achselhöhle und in der Brustwarze und im Warzenhofe, ferner mitunter in der Haut des Mons pubis, in der Inguinalfurche, um den After, sie fehlen am Scrotum. Beim „deutschen Weibe“ sind die Drüsen weiter verbreitet. Achselhöhle, Mamma, Warzenhof, Mons pubis, Inguinalfurche, Labia majora, After, mitunter unterer Teil des Bauches. Bei einem „Chinesen“ fanden sie sich am Mons pubis in großer Menge und zogen am Bauche bis zur Brust herauf, außerdem fanden sie sich an den vorher genannten Stellen. Bei zwei „Kamerunnegern“ fanden sie sich, wie bei dem Chinesen, zogen aber nicht mehr auf den oberen Teil des Bauches und auf die Brust über. Bei einem „Australier“, von dem Verf. nur die Regio parotidea untersuchen konnte, fanden sich die Drüsen auch hier, wo sie bei den anderen Menschen gefehlt hatten, bei zwei Cercopithecen aber vorkamen. Wenn sie bei dem Australier hier sich fanden, so war anzunehmen, daß sie vom Rumpfe aus bei ihm bis ins Gesicht vorkamen. Wir erhalten dann folgende Reihe: Affen, Australier, Chinesen, Kamerunneger, deutsches Weib, deutscher Mann. Daß das deutsche Weib mehr solcher Drüsen besitzt als der Mann, spricht für den Geschlechtsunterschied. In der Tat scheinen die a-Drüsen für das Weib von größerer Bedeutung zu sein als für den Mann. — Die Bedeutung der a-Drüsen und der e-Drüsen liegt einmal in der Entgiftung des Körpers, in der Erzeugung von Duftstoffen, in der Einleitung der Haut, denn sie sondern auch Fett ab, und bei den e-Drüsen in der Erzeugung von „Schweiß“ und damit dann der so wichtigen Wärmeregulierung. Ob die Gift- und die Duftstoffe dieselben sind, weiß man noch nicht. Die Duftstoffe verraten die Spur, sie halten die Herden zusammen, sie locken das Junge an die Brüste der Mütter, sie erlauben den Männchen und Weibchen, sich im Dunkeln zu finden, sie wirken „geschlechtsreizend“. Diese letzte ist eine sehr wichtige Bedeutung, denn sie dient der Erhaltung der Art. Der Duft ist abhängig von nervösen Einflüssen, er verrät daher einiges vom Seelenleben der Tiere, daher Jäger ihn als Seelenduft bezeichnete. Es gibt beim Menschen Rassen-düfte, Volksdüfte, Familien- und Personendüfte und endlich Geschlechtsdüfte. Auch die Milch jeder Tierart duftet anders. Es finden bei Tieren und dem Menschen sich besondere „Duftorgane“ in der Haut, die gewöhnlich auch von stärker ausgebildeten Haarbüscheln begleitet sind, die dann als „Duftpinsel“ dienen. — Außer den Haarbalgmuskeln finden sich in der Haut noch andere Ausbreitungen von Bündeln glatter Muskelfasern. Sie sind flächenhaft und liegen teils im Corium, teils im subkutanen Gewebe. Sie finden sich hin und wieder in der Achselhöhle, immer in der Brustwarze, gegebenenfalls im Warzen-

höfe, vielfach in der Haut des Mons pubis, in der des Dammes, zum Penis heraufziehend, in den Labia majora. Die vordere Rumpfseite des Menschen kann man als die „Regio sexualis“ bezeichnen, bis zum Beginn der Extremitäten hin. Hier liegen die Achselhöhlendrüsen, die Milchdrüsen mit den Warzenhöfdrüsen, und die Milchleisten gehen an der vorderen und seitlichen Gegend des Rumpfes herunter, wo überall Milchdrüsen entstehen können (wieder mit glatter Muskulatur), dann kommt gegebenenfalls Brust, Bauch, dann der Mons pubis mit seinen a-Drüsen, der Penis, das Scrotum und die Labia majora, dann Damm, endlich in den Inguinalfurchen wieder a-Drüsen entsprechend den Achselhöhlen. Überall an den genannten Orten kann sich auch glatte Muskulatur finden. So können wir uns diese zusammen mit den Geschlechtsteilen über die „Regio sexualis“ ausgebreitet denken und sie daher auch als „Muscularis sexualis“ bezeichnen. Sie müßte bei Tieren und Menschen noch näher untersucht werden. — Über die Verschiedenheit der Drüsenabsonderungen auf der Haut bei Menschen und Tieren belehrt uns auch die Verschiedenheit der dort lebenden Parasiten, die natürlich von den Düften abhängig sind. Die e-Drüsen selbst zerfallen sicher noch wieder in verschiedene Unterarten, die verschiedene Unterabteilungen mit verschiedenen Absonderungen bilden, denn man findet nicht nur bei verschiedenen Menschen, sondern auch bei demselben e-Drüsen mit verschieden vielen Drüsenzellen auf dem Querschnitte. Bestimmte Abteilungen der Haut haben also andere e-Drüsen als andere und damit auch verschiedene Düfte und ebenso verschiedene Rassen usw. Es müssen da noch sehr ausgedehnte Arbeiten an Völkern verschiedener Rassen gemacht werden. — Diese Arbeit gehört wieder zu der Reihe derer, die Verf. seit Jahren zu der Biologie des Menschen geschlechtes ausgeführt hat.

Autoreferat.

Amphioxus als Delikatesse. (S. F. Light, Amphioxus fisheries near the University of Amoy, China, Science Vol. 58 [1923].) Es wird jeden Biologen, der gewohnt ist, den Amphioxus (den klassischen Urahnen des Wirbeltierstammes) mit einer gewissen heiligen Scheu zu betrachten, überraschen zu hören, daß es einen Fleck auf der Erde gibt, an dem Amphioxus seit Jahrhunderten zu Nahrungszwecken gefischt wird. Bei dem Dorfe Liuwutien in Süchina findet sich ein etwa eine Meile breiter und 6 Meilen langer Küstenstrich, an dem die ganze Fischerbevölkerung ausschließlich von der Amphioxusfischerei lebt. 400 Fischer in 200 Booten arbeiten von August bis April jeden Jahres zwei bis vier Stunden lang täglich mit einer besonderen Form von Dredge, Amphioxus zu fischen. Der durchschnittliche tägliche Fang eines Bootes ist 13 Pfund, der gesamten Flottille 1 t, also Hunderte von Tonnen im Jahr, was einer Zahl von über einer Milliarde Individuen im Jahr gleichkommt. Danach kann man sich eine Vorstellung von der Zahl und Vermehrungsrate des Amphioxus an dieser Stelle bilden, die seit Jahrhunderten in der gleichen Weise ausgenutzt wird, ohne erschöpft zu werden. Es scheint, daß nur in der Nähe ansässige Chinesen den Leckerbissen schätzen, der auf verschiedene Weise zu allerlei Gerichten zubereitet wird. Außer im frischen Zustand wird der Amphioxus auch getrocknet und verschickt, wie dies ja die Chinesen mit so vielen ihrer Lebensmittel zu tun pflegen. — Von Interesse ist auch, wie sich die Chinesen die Anwesenheit dieser Organismen an besagter Stelle erklären. Der lokale Name des Am-

phioxus ist „Fisch des Gottes der Literatur“. Es wird nun berichtet, daß dieser in der Zeit der berühmten Chinesenexamina sehr wichtige Gott auf dem Rücken eines Krokodils reitet. Dieses Krokodil starb und sein Körper wurde in der Nähe dieses Dorfes angeschwemmt, wo man ihn in Gestalt einer Insel noch sehen kann, und aus diesem Krokodilleichnam kommen immer Würmer heraus, und das sind die Amphioxi. Der Verfasser berichtet, daß die ansässigen Bewohner fest an diesen Ursprung glauben. Nach Prof. Light handelt es sich um eine neue Branchiostoma-Art, mit deren genauerer Untersuchung er beschäftigt ist.

R. G.

Auf die Bedeutung der Phosphorsäure für den intermediären Stoffwechsel, besonders beim Auf- und Abbau der Kohlenhydrate, wurde vor einiger Zeit zusammenfassend in dieser Zeitschrift hingewiesen (H. 16, 1923). Inzwischen hat die biochemische Erforschung der Kohlehydrat-Phosphorsäure-Verbindungen weitere Fortschritte gemacht. Robison gelang es nachzuweisen (Bioch. Journ. 16, 809, 1922), daß bei der alkoholischen Hefegärung neben der bekannten, von Harden und Young sowie Iwanoff entdeckten Hexosediphosphorsäure auch eine Hexosemonophosphorsäure auftritt, die jedoch mit der von Neuberg auf chemischem Wege erhaltenen, nicht identisch ist. In einer weiteren Mitteilung (Bioch. Journ. 17, 286, 1923) untersuchte Robison, ob dem von ihm isolierten Zuckerphosphorsäureester auch für den tierischen Organismus eine biologische Bedeutung zukomme, in analoger Weise, wie das von Embden aufgefundene Lactacidogen des quergestreiften Muskels mit der bei Hefegärung gebildeten Hexosediphosphorsäure identisch oder sehr nahe verwandt ist. Jedenfalls lieferte nach den Untersuchungen von Embden und Laquer das Lactacidogen des Muskels die gleiche Osazonverbindung, wie sie bei der Einwirkung von Phenylhydrazin auf Hexosediphosphorsäure entsteht.

In der Tat konnte Robison bei seinen ausgedehnten Untersuchungen feststellen, daß besonders in den Knochen junger Tiere ein Ferment vorhanden ist, das aus Hexosemonophosphorsäure anorganische Phosphorsäure abspaltet. In stark abgeschwächtem Maße ist zu der gleichen fermentativen Leistung nur die Niere befähigt, während das Ferment in allen anderen Organen völlig oder nahezu völlig fehlt. Besonders auffallend ist der Unterschied im Fermentgehalt ossifizierenden Knorpels gegenüber einem Knorpelgewebe, das keine knochenbildenden Fähigkeiten mehr hat. Letzteres ist so gut wie fermentfrei. Da weiterhin die Ca- und Mg-Salze der Hexosemonophosphorsäure leicht löslich sind und bei ihrer fermentativen Spaltung in Kohlehydrat und freie Phosphorsäure die Ca- und Mg-Phosphate als unlösliche Salze ausfallen müssen, stellt Verfasser, zunächst in sehr vorsichtiger Form, folgende Hypothese auf:

Mit dem Blutstrom wird im Körper ein Teil der Phosphorsäure als Hexosemonophosphorsäureverbindung transportiert. In den Knochen, besonders reichlich in der Wachstumszone, ist ein Ferment vorhanden, das aus dieser Zuckerphosphorsäureverbindung freie, anorganische Phosphorsäure abspaltet, die als unlösliches Ca- und Mg-Salz ausfallend direkt zum Aufbau des Knochengerstes dient. Weitere Untersuchungen zur Bekräftigung dieser sehr eindrucksvollen Theorie werden angekündigt, vor allem auch über ihre Beziehungen zum Rachitisproblem. (Ber. über die ges. Physiol. u. exp. Pharm. Bd. 20.)

F. Laquer.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in **Würzburg**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 45. (Seite 897—912.)

9. November 1923.

Elfter Jahrgang

INHALT:

Geschlechtsbestimmung und -Umstimmung. Von *J. W. Harms, Königsberg i. Pr.* S. 897.

Die Festgabe der Kristallographen an P. v. Groth zur Feier seines achtzigsten Geburtstages. S. 903.

Besprechungen:

Stempell, W., und A. Koch, Elemente der Tierphysiologie. 2. Auflage. Von *K. Baldus, Heidelberg*. S. 909.

Tigerstedt, Robert, Die Physiologie des Kreislaufs. 2. Auflage. 3. Band. Von *Leon Asher, Bern*. S. 910.

Oppenheimer, C., Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. 2. Auflage. 1. Lieferung. Von *P. Rona, Berlin*. S. 910.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Bemerkung zur Theorie der Merkurperihelverschiebung. Von *Kornel Lanczos, Freiburg i. Br.* S. 910.

Der Hai. Von *H. Petersen, Giessen*. S. 911.

Neue morphologische und biologische Untersuchungen an Spinnen. Von *U. Gerhardt, Breslau*. S. 912.

Berichtigung. S. 912.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

In den nächsten Tagen gelangt zur Ausgabe der zweite Band von

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Umfang: (IV, 252 Seiten) mit 38 Abbildungen, Lexikonformat

Inhaltsübersicht:

Die Bewegungen der Fixsterne. Von *Dr. J. Hopmann, Bonn*.

Entwicklung und Stand der Parallaxenforschung. Von *Dr. G. Schnäuder, Potsdam*.

Das Milchstraßensystem. (Mit 1 Abbildung.) Von *Professor Dr. A. Kopff, Heidelberg*.

Die Polhöenschwankungen. (Mit 1 Abbildung.) Von *Professor Dr. B. Wanach, Potsdam*.

Erzeugung und Messung tiefer Temperaturen. (Mit 2 Abbildungen.) Von *Professor Dr. F. Henning, Berlin-Lichterfelde*.

Neuere Erfahrungen über quantenhaften Energieaustausch bei Zusammenstößen von Atomen und Molekülen. (Mit 1 Abbildung.) Von *Professor Dr. J. Franck, Göttingen*.

Magnetismus und Atombau. (Mit 3 Abbildungen.) Von *Professor Dr. Walter Gerlach, Frankfurt a. M.*

Fortschritte beim Zeemaneffekt. (Mit 2 Abbildungen.) Von *Professor Dr. Alfred Landé, Tübingen*.

Über das Element 72 (Hafnium). (Mit 3 Abbildungen.) Von *Professor Dr. Fritz Paneth, Berlin*.

Kaltreckung und Verfestigung. (Mit 25 Abbildungen.) Von *Dr. G. Masing und Dr. M. Polanyi, Berlin*.

Die „Bezieher der Naturwissenschaften“ genießen auf die „Ergebnisse“ einen um
10% ermäßigten Vorzugspreis

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark, zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages.

Einzelnummer 0,80 Goldmark.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-58. Telegrammadr. Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck- Konten	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer.
		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 983 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

Soeben erschienen

Theoretische Biologie

Vom Standpunkt der Irreversibilität
des elementaren Lebensvorganges

Von

Professor Dr. Rudolf Ehrenberg

Privatdozent für Physiologie an der Universität Göttingen

(VI, 348 S.)

9 Goldmark; gebunden 10 Goldmark

Fürs Ausland: 2,15 Dollar; geb. 2,40 Dollar

Aus dem Inhalt:

Einleitung. — Tod und Zellteilung. — Enzym und Ablauf. — Altern. Wachstum und celluläre Excretion. — Assimilation und Autonomie. — Immunität und Individualität. — Konstitution und Disposition. — Formbildung und Vererbung. — Individuum und Art. — Gehirn und Bewußtsein.

Für das Inland: Goldmark zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages.
Für das Ausland: Gegenwert des Dollars in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, schweizer Franken, holländischen Gulden.

Geschlechtsbestimmung und -Umstimmung.

Von J. W. Harms, Königsberg i. Pr.

Soll die Biologie nicht ihre weiteste Einstellung, die Wissenschaft vom Leben zu sein, verlieren, so müssen wir immer auf den Ursprung des Lebens und die Faktoren, die die Fortdauer der lebenden Organismen bedingen, zurückkommen. Der Ursprung der lebenden Materie überhaupt kann allerdings erst ergründet werden, wenn die physiologische Chemie, speziell die Eiweißchemie, weitere Fortschritte gemacht hat. E. Fischer zitiert in seinen Erinnerungen einen Ausspruch Haeckels gelegentlich eines Besuches in Fischers Laboratorium in Würzburg: „Wenn ihr Chemiker erst das richtige Eiweiß habt, dann krabbelts.“

Dagegen liegt es im Bereich unserer heutigen Forschungsmethoden, die Ursachen der Entstehung und der Erhaltung der rezenten Tiere und Pflanzen zu ergründen, also die Fortpflanzung in ihrer weitesten Einstellung verstehen zu lernen. Die hier aufgeworfenen Fragen stehen natürlich im engsten Zusammenhange mit der Vererbungslehre und sind als ein Hauptfundament dieser anzusehen.

Die beiden Formen der Fortpflanzung sind die ungeschlechtliche und die geschlechtliche. Die erstere, die Teilung und Knospung, lasse ich hier außer Betracht, da sie eine heute abgeänderte primitive Form der Fortpflanzung darstellt.

Die geschlechtliche Fortpflanzung stellt heute die wichtigste Form der Erhaltung rezenter Arten dar. Sie ist geknüpft an die Herausbildung von Keimzellen aus dem Soma und deren allmählicher Zusammenlagerung zu einem abgegrenzten Organ, den Keimdrüsen. Das Ei hat den Charakter einer typisch primitiven Zelle; die männliche Keimzelle, das Spermatozoon, dagegen ist zu einer Lokomotionszelle differenziert, um das Ei aufzusuchen, in dasselbe einzudringen und mit dem Eikern zu verschmelzen. Diese Zelldifferenzierung ist etwas sekundäres, denn die Urkeimzellen sind in beiden Geschlechtern gleich, bis auf die Geschlechtschromosomen-garnitur, die, wie jetzt nachgewiesen, bei vielen Tierstämmen bei männlichen und weiblichen Keimzellen charakteristisch verschieden sind. Entweder haben wir $\delta: n+x$; $\text{♀}: n+2x$, oder $\delta: n+(x+y)$; $\text{♀}: n+2x$; wo x und y das Geschlechtschromosomen bedeutet; oder das Umgekehrte bei den Geschlechtern. Damit ist nach eingetretener Reduktion des Chromosomenbestandes um die Hälfte bei der Keimzellreifung das Geschlecht bestimmt.

Das Geschlecht wird nun normalerweise

bei sehr vielen Tieren so bestimmt, daß Ei und Samenzelle in bestimmter Kombination miteinander verschmelzen. Die Geschlechtsbestimmung ist also sehr einfach, wenn wir nur den Geschlechtschromosomenmechanismus spielen lassen. Hat ein Tier $\delta: n+x$; $\text{♀}: n+2x$ Chromosomen, so haben die reifen Eizellen alle $\frac{n}{2}+x$, die Samenzellen dagegen zur

Hälfte $\frac{n}{2}+x$ und zur anderen Hälfte $\frac{n}{2}$. Durch Verschmelzung entstehen zur Hälfte Weibchen:

$$\left[\left(\frac{n}{2}+x\right)+\left(\frac{n}{2}+x\right)\right]=\left(n+2x\right)$$

zur Hälfte Männchen:

$$\left[\left(\frac{n}{2}+x\right)+\frac{n}{2}\right]=\left(n+x\right)$$

Nun gibt es aber neben dieser sogenannten *syngamen Geschlechtsbestimmung* noch die *progame* und die *epigame*.

Die *progame Geschlechtsbestimmung* findet sich in vielen Fällen da, wo größere und kleinere Eier erzeugt werden (*Dinophilus apatris*, *Saisonniden*, *Pediculopsis graminum*, *Phylloxera* usw.). Aus großen Eiern werden bei diesen Tieren Weibchen, aus kleinen Männchen. Reinzuchten von Vogelwildformen haben meist als erstes Ei im Gelege ein kleines männliches, als zweites ein größeres weibliches. Bei entfernt stehenden Gattungskreuzungen (z. B. Lachtaube \times Turteltaube) werden zuerst fast nur Männchen, im Herbst fast nur Weibchen erzeugt. Eier mit männlicher Tendenz haben im ganzen einen stärkeren Stoffumsatz: starke Oxydation, hohen Wassergehalt und geringeren Gehalt an Fett und Phosphatiden. So ist es auch erklärlich, daß bei wachsenden Oocyten noch durch künstliche Hebung und Senkung des Metabolismus das Geschlecht beeinflusst werden kann. Die Geschlechtschromosomen brauchen also *direkt* keine Rolle bei der *progame* Geschlechtsbestimmung zu spielen. Da die Vögel im weiblichen Geschlecht heterozygot sind [$n+(x+y)$], so müssen normalerweise 50%

männliche Eier $\left(\frac{n}{2}+x\right)$ und 50% weibliche Eier

$\left(\frac{n}{2}+y\right)$ erzeugt werden. Wenn das erste Ei aber

männlich ist $\left(\frac{n}{2}+x\right)$, so muß der Stoffwechsel die

Reifungstellung nach der männlichen Richtung beeinflussen, und der Chromosomenmechanismus stellt dann nur den Ausdruck für das Geschehen

in der Zelle dar; ist also gewissermaßen nur ein Index, wie das *Haecker* ausdrückt.

Noch weniger stimmt die *epigame Geschlechtsbestimmung* mit dem Chromosomenmechanismus überein. Bei ihr wird das Geschlecht erst nach der Befruchtung entschieden, so bei Aalen, wo die Syrskischen Organe, die Keimdrüsenanlagen entweder zu Hoden oder bei günstigen Lebensbedingungen (Wärme, gute Nahrung) zu Ovarien werden. Bei Fröschen gibt es sogenannte undifferenzierte Rassen (Frösche der Umgebung von München), wo nach der Metamorphose alle Tiere zu Weibchen werden, erst später differenzieren sich etwa 50 % zu Männchen um. Anderseits gibt es differenzierte Rassen (alpine Frösche und Königsberger Frösche), wo nach der Metamorphose schon 50 % Weibchen und 50 % Männchen vorhanden sind. Diese Rassen leben in Gegenden mit späten Sommern, also ungünstigeren Ernährungsverhältnissen, während die undifferenzierten Rassen in warmen Gegenden leben, wo bei günstiger Ernährung und Stoffspeicherung die Weibchendifferenzierung begünstigt wird, wie bei Aalen.

Höchst eigenartig ist die *epigame Geschlechtsbestimmung* bei *Bonellia viridis*, einer Gephyree. Die junge Larve ist noch geschlechtlich undifferenziert. Männchen entstehen nur, wenn die Larven Gelegenheit haben, sich an einem alten Weibchen festzuhaften (*Baltzer*).

Hier müssen auch die interessanten Befunde von *Junker* an *Perla marginata* (Panzer) erwähnt werden, obwohl sie rein zytologischer Natur sind. Es wäre sehr zu wünschen, wenn sie auch experimentell ausgebaut würden. Ich gebe sie nach seiner eigenen Zusammenfassung wieder. Das Männchen von *Perla marginata* hat im Gegensatz zu seinen nächsten Verwandten (*P. maxima* und *P. cephalotes*) an seinem Geschlechtsorgan, außer normalen Hodenfollikeln, einen bestimmten, beträchtlichen Bezirk mit Eiröhren ausgebildet, das „Männchenovar“. Das Weibchen besitzt ein normales Ovar. — Die diploide Chromosomenzahl beträgt beim ♂ 22; davon lassen sich 20 zu 10 Paaren ordnen, zwei ungleich große Elemente bleiben übrig; die Heterochromosomen x und x' . Es entstehen so Spermatozoen mit 12 und solche mit 10 Chromosomen.

Die diploide Chromosomenzahl in der Oogenese des Weibchens ist 24; hier lassen sich alle Chromosomen zu Paaren ordnen. Die Oogenese verläuft normal.

Die Zellen der Eischläuche des Männchens haben diploid 22 Chromosomen, also die *männliche Zahl*. Auch hier lassen sich, genau wie in der Spermatogenese, 20 Chromosomen zu Paaren ordnen, zwei ungleich große Elemente stellen die Heterochromosomen dar. Die Vorgänge im Männchenovar sind trotz der männlichen Chromosomenzahl denen im echten Ovar gleich bis zur Konjugation. Nach erfolgter Parasyndese der Autosomen bleiben zwei ungleich große leptotäne Schleifen ungepaart, die Heterochromosomen-

schleifen. Sie unterscheiden sich aber sonst in nichts von den leptotänen Autosomenschleifen. Die Zellen des Männchenovars fallen in späteren Wachstumsstadien der Degeneration anheim; sie erreichen nie auch nur annähernd die Größe normaler Weibcheneier.

Im normalen Hoden können, aber nur bei jungen Larven, in seltenen Fällen Eier, einzeln wie zystenweise vorkommen. Diese Hodeneier können als solche erst nach dem Auftreten der synaptischen Phänomene in ihnen erkannt werden. Vorher gleichen sie völlig den Spermatozoen I. Ordnung. Ihre Chromosomenzahl ist wahrscheinlich die männliche. Die Hodeneier degenerieren meist im oder bald nach dem pachytanen Stadium.

Das Männchen von *Perla marg.* zeigt also deutliche Zwitterigkeit und zwar in zweierlei Formen: 1. Männchenovar und 2. Hodeneier.

Die Verteilung der Heterochromosomen bei der maßgebenden Reifungsteilung ist nun, wie *Junker* ausdrücklich hervorhebt, keine zufällige, sondern es muß ein sie regelnder Faktor vorhanden sein; denn sie gelangen ja immer, ohne verbunden zu sein, in die gleiche Tochterzelle. Das Männchen von *Perla marg.* liefert weiter mit der gleichen Chromosomengarnitur Spermatozoen und Eier.

Die Chromosomen haben nach *Junker* daher mit der Bestimmung der primären Geschlechtszellen nichts zu tun; es werden von ihnen höchstens die sekundären Geschlechtsmerkmale bestimmt. Trotzdem glaube ich, daß sie als Indizes wirken können, denn es ist ja ein modifizierter Protenortypus vorhanden mit zweierlei Spermatozoen, die Männchen und Weibchen bestimmend sind. Das Männchenovar mit der gleichen Chromosomengarnitur der Hodenzellen spricht geradezu für eine physiologische männliche Angleichung dieser nur grob morphologischen weiblichen Zellen, die, wenn die Geschlechtschromosomen ein Ausdruck des geschlechtlichen Stoffwechsels sein sollen, und dafür spricht mancherlei, ja chemisch-physiologisch ganz wie männliche Geschlechtszellen wirken. Die Männcheneier, die so oft bei den verschiedensten Tieren beobachtet worden sind, sprechen nur für eine bisexuelle primäre geschlechtliche Anlage der Tiere. Interessant ist nur, daß auch diese Zellen bei *Perla* den männlichen Chromosomentyp haben. Leider ist bei anderen Tieren darüber noch nichts bekannt. Beim Bidderschen Organ der männlichen Kröten haben wir ja ein ganz ähnliches pseudo-weibliches Organ wie bei *Perla*; ich konnte hier jedoch überhaupt keine Geschlechtschromosomen nachweisen, wie diese ja auch sonst bei Amphibien noch sehr zweifelhaft sind.

Der so weit verbreitete Geschlechtschromosomenmechanismus spielt nun sicher eine große Rolle bei der Geschlechtsbestimmung. Dabei ist es gleich, ob man die Geschlechtschromosomen als Enzymerreger ansieht für die Ausprägung des Geschlechts, oder ob man sie nur als Index für das

Geschehen für die bereits durch einen der vielen noch unbekannten Faktoren angebahnte Differenzierung gelten lassen will, was das Wahrscheinlichere ist. Mir scheint, daß die Differenzierung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen nur von chemisch-physikalischen Faktoren abhängt, die ein Ausdruck des verschiedenen von diesen Faktoren bedingten Stoffwechsels der Zellen sind. Jede Urkeimzelle ist undifferenziert und kann trotz des Chromosomenmechanismus zu einer männlichen oder weiblichen Zelle werden, wie das noch zu schildernde Experimente zeigen sollen. Die Chromosomen sind also etwas Sekundäres und haben die Aufgabe, bei geschlechtlich stark ausdifferenzierten Tieren die Kontinuität des spezifisch geschlechtlichen Stoffwechsels in der Keimplasmarelation aller Zellen, Keim- und Somazellen, in gleichsinniger geschlechtlicher Weise zu regeln. Dafür spricht auch die Inkretwirkung der Keimdrüsen, z. B. bei Wirbeltieren zur Ausprägung und Aufrechterhaltung der sekundären Merkmale.

Die Ergebnisse der experimentellen willkürlichen *Geschlechtsbestimmung* und die *Geschlechtsumstimmung* sollen das weiter erläutern.

Zunächst bedarf es zu dieser Frage einer klaren Begriffsbestimmung. Man könnte geneigt sein anzunehmen, experimentelle Geschlechtsbestimmung und -Umstimmung gingen fließend ineinander über. Denn wenn z. B. *R. Hertwig* durch Überreifwerden der Eier bei Fröschen in extremen Fällen nur Männchen erzielt, so könnte man sagen, daß 50 % der Eier, die sonst Weibchen geworden wären, zu Männchen umgestimmt worden sind. Da nun aber die Eier noch vor der Befruchtung undifferenziert waren, trotz der vielleicht vorhandenen allerdings wohl nicht durch Geschlechtschromosomen bedingten Heterozygotie der Eier bei Fröschen, so kann es sich hier nur um experimentell beeinflusste Geschlechtsbestimmung handeln. Diese haben wir überall dort, wo das Geschlecht vor oder während der Befruchtung aktiv bei Keimzellen oder bei indifferenten Larven nach einer Richtung experimentell festgelegt wird. Geschlechtsumstimmung dagegen haben wir überall dort, wo bei einer schon geschlechtlich differenzierten Larve oder erwachsenem Tier das entgegengesetzte Geschlecht experimentell hervorgerufen wird.

Die Geschlechtsbestimmung kann experimentell beeinflusst werden durch folgende Mittel:

1. Durch *Auswahl* der bezüglich der Geschlechtschromosomen heterozygoten Spermatozoen oder Eizellen.

Solche Versuche sind bisher nur bei Pflanzen (*Correns*) mit gewissem Erfolge angestellt worden. Weibchenbestimmende Pollenkörner gelangen leichter zu den Eizellen als männchenbestimmende. Nimmt man daher große Pollenmassen, so entstehen mehr Weibchen. Zugunsten der Männchen kann das Verhältnis verschoben werden dadurch, daß man die Pollen alt werden läßt; die männchenbestimmenden Tiere haben die

größere Leistungsfähigkeit. Da nun aber bisher bei Pflanzen keine Heterochromosomen gefunden worden sind, so lassen sich diese Befunde nicht direkt auf die Tiere übertragen. Über die Physiologie der Geschlechtsbestimmung bei Pflanzen wissen wir noch so gut wie gar nichts.

2. Durch *Stoffwechselbeeinflussung* von seiten der Mutter. Hier gibt es eine Reihe von Versuchen, die einen derartigen Einfluß sehr klar zutage treten lassen. Das beweisen auch alle Fälle der normalen progamen (s. z. B. *Dinophilus*) und epigamen (z. B. Aal, spätdifferenzierende Frösche) Geschlechtsbestimmung. Als einwandfreiestes Experiment ist hier der Versuch *Baltzers* an *Bonellia viridis* zu erwähnen. Alle Larven, die an den weiblichen Tieren sich festsaugen, werden zu normalen Zwergmännchen. Nimmt man die Larven von dem Weibchen fort, so werden sie je nach der Kürze oder Länge der Zeit des Parasitierens am Weibchen stärker oder schwächer ausgeprägte intersexuelle Formen, da sie sich, von dem Weibchen fortgenommen, wieder in der weiblichen Richtung entwickeln, den aber schon erlangten männlichen Charakter beibehalten.

3. Durch *Überreifwerdenlassen der Eier*. Es ist das große Verdienst *R. Hertwigs* und seiner Schüler, das Problem der experimentellen Geschlechtsbestimmung in Fluß gebracht und zuerst nachgewiesen zu haben, daß einfaches extremes Überreifwerdenlassen von Froscheiern, diese nach der Befruchtung zu 100 % zu Männchen werden läßt. Ähnliche Versuche *Hertwigs* am *Schwammspinner*, wo im Gegensatz zu den Fröschen die Weibchen heterogametisch bezüglich der Geschlechtschromosomen sind und wo bei Überreife die Weibchen überwiegen, führte ihn zu dem Schluß, daß die Überreife der Eier das heterogametische Geschlecht begünstigt. Allerdings scheint immer noch nicht einwandfrei nachgewiesen zu sein, daß die Froschmännchen heterogametisch bezüglich der Geschlechtschromosomen sind.

Normalerweise fügen sich vielleicht auch schon die anuren Amphibien und weit ausgesprochener die höheren Wirbeltiere in ihrer Geschlechtsbestimmung in den Homozygotie- und Heterozygotiemechanismus ein, ohne daß vielleicht immer ein äußerer Ausdruck in den Geschlechtschromosomen dafür vorhanden ist. Bei den Fröschen scheint nach *R. Hertwig* im Gegensatz zu den Schmetterlingen das Weibchen das homogamete Geschlecht zu sein. Das steht mit den Witschischen Chromosomenuntersuchungen in Einklang, der für die Baseler undifferenzierte Lokalrasse zweimal 13 Chromosomen gefunden hat, die ziemlich gut individualisiert sind und in zwei Gruppen von 5 großen und 8 kleinen geteilt werden können. Die männliche Chromosomenzahl ist ebenfalls zweimal 13, wobei sich entsprechende Größenunterschiede zeigen. *Witschi* nimmt an, daß das 10. Chromosom das Geschlechtschromosom ist, doch läßt sich morphologisch keine Heterogametie nachweisen. *Hertwig* ist nun der An-

sicht, daß die Überreife die Bildung des heterogametischen Geschlechts begünstigt, d. h. eine Veränderung des homogametischen Geschlechtes zugunsten des heterogameten verursacht. In beiden Fällen würde es sich um eine Rückbildung oder Abschwächung des zweiten geschlechtsbestimmenden Faktors, des X-Chromosoms handeln. Dieser Satz wird durch Experimente *R. Hertwigs* an Schmetterlingen, wo das weibliche Geschlecht heterogamet ist, auf eine breitere Basis gestellt. Er gibt hier dieselbe Erklärung für die Geschlechtsumstimmung, nämlich die Abschwächung des X-Chromosomenfaktors, wie sie auch für die Goldschmidtschen Experimente am Schwammspinner gegeben werden kann. Wir können wohl annehmen, daß auch bei den Anuren der Geschlechtschromosomenmechanismus schließlich einmal im Laufe der Entwicklung durch die Geschlechtsbestimmung epigam fest bestimmt werden wird, daß er aber heute erst in der Entwicklung begriffen ist. Wie die Untersuchung von *Hovasse* 1922 zeigt, scheinen im Gegensatz zu *Witschi* die Chromosomen bei *Rana temporaria* in ihren Zahlen inkonstant zu sein. Bei normaler Befruchtung variiert die Zahl in weiten Grenzen in den Geschlechtszellen sowohl wie in den somatischen Elementen.

4. Durch Kreuzung von Varietäten geographisch weitgetrennter Arten.

Zu denjenigen Tieren, welche den bestausgeprägtesten Geschlechtschromosomenmechanismus haben, gehören die Insekten. Jede einzelne Zelle, Keimzelle wie Somazelle, ist geschlechtlich differenziert und an ihrem Chromosomenbestand als solche zu erkennen. Hier haben wir die typische syngame Geschlechtsbestimmung, meist durch zweierlei Spermatozoen bedingt oder bei Schmetterlingen durch zweierlei Eizellen. Trotzdem kann das starre Verhältnis von 50 % Weibchen zu 50 % Männchen gesprengt werden durch einfache Kreuzung von geographisch weitentfernten Varietäten einer Art, wie das die Versuche von *Brake-Goldschmidt* über die Geschlechtsbestimmung bei *Lymantria dispar* gezeigt haben. Züchtet man Männchen und Weibchen derselben Rasse, so erhält man das normale Sexualverhältnis von 50 % zu 50 %. Kreuzt man dagegen andere Rassen aus verschiedenen Gegenden oder Erdteilen, so überwiegt bei manchen Kombinationen der männliche, bei manchen der weibliche Einschlag der Zuchten. Überwiegt der männliche Einschlag, so erhält man neben 50 % normalen Männchen statt der erwarteten Weibchen intersexuelle Formen. Bei den höchsten Graden der männlichen Präponderanz besteht die gesamte Kultur ausschließlich aus Männchen, von denen etwa 50 % an mancherlei Anklängen noch erkennen lassen, daß sie aus Weibcheneiern hervorgegangen sind. Man kann also hier durch geeignete Auswahl der Rassen eine Übergangsreihe intersexueller Formen von reinen Weibchen bis zu fortpflanzungsfähigen Männchen erzielen, ebenso ist eine fortlaufende Reihe in umgekehr-

ter Richtung möglich, die vom Männchen zum Weibchen überleitet. Bei diesen Versuchen ist eine Grenze zwischen experimenteller Geschlechtsbestimmung und Umstimmung oft nicht mehr zu ziehen.

Hierher gehören auch die Gattungskreuzungen von *Whitman* und *Riddle* bei Tauben.

Wenn bei Gattungskreuzungen (z. B. Lachtaube mit Turteltaube) durch fortgesetzte Wegnahme der Gelege die Brutzeit künstlich verlängert wird, so werden zunächst, wie überhaupt bei Kreuzung entfernter stehender Vogelspezies, (*Guyer* 1909) fast nur Männchen, gegen Herbst dagegen vorwiegend Weibchen erzeugt. Ferner ist bei Reinzucht von Wildformen das erste Ei jedes Geleges meist männlich, das zweite weiblich.

Aus allen diesen Versuchen zur experimentellen Geschlechtsbestimmung oder besser, experimentell erzielten Eingeschlechtlichkeit geht hervor, daß, wie *Darwin* schon annahm, die sekundären Merkmale jedes Geschlechtes in dem entgegengesetzten Geschlecht schlafend oder latent ruhen, bereit sich unter gewissen Bedingungen zu entwickeln. Diese Ansicht muß auch auf die primären Merkmale, also auf die Keimzellen ausgedehnt werden, die ja erst die sekundären Merkmale bei vielen Tieren in Erscheinung treten lassen. Wir hätten also dann in jeder Urkeimzelle und auch noch in jeder befruchteten Eizelle entweder einen indifferenten geschlechtlichen Zustand, z. B. *Bonellia*, oder durch den Geschlechtschromosomenmechanismus wird normal ein Geschlecht dominant bestimmt, das andere ist aber auch latent vorhanden. Mit *Haecker* möchte ich für die Ausprägung des einen Geschlechts nicht die Quanten der Chromosomen verantwortlich machen, sondern auch diese als Indices für die physiologisch durch Stoffwechselvorgänge bedingte Geschlechtsbestimmung in Anspruch nehmen.

Bei parthenogenetisch sich entwickelnden Tieren ist die reife Eizelle meist nach einer Richtung geschlechtlich determiniert; dennoch können zu gewissen Zeiten beide Geschlechter auftreten, wobei dann der Chromosomenmechanismus in geeigneter Weise angeglichen wird. Bei Ameisen (*Formica sanguina* und *rufa*) habe ich in königinlosen Kolonien nach 15 Jahre lang fortgesetzten Versuchen nicht nur geflügelte Männchen bekommen, was das normale in Analogie mit den Bienen wäre, sondern auch sehr oft Arbeiterinnen von sicher nicht befruchteten eierlegenden Arbeiterinnen. Ich halte es daher auch für möglich, daß bei geeigneten Trachtverhältnissen auch einmal ein drohnenbrütiges Bienenvolk Arbeiterinnen erzeugen kann. Allerdings wird das selten vorkommen, aber experimentell dürfte es in Analogie mit den Ameisen möglich sein.

Machen wir nun die Annahme, daß alle Tiere aus geschlechtlich undifferenzierten Formen hervorgegangen sind und die differenzierten Tiere in den primären und sekundären Merkmalen die An-

lagen des entgegengesetzten Geschlechts latent enthalten, so muß auch bei jungen Tieren und schwieriger bei älteren eine *Geschlechtsumstimmung* möglich sein.

Die *experimentelle Geschlechtsumstimmung* ist:

1. als Naturexperiment durch Parasitismus bedingt zu beobachten.

So ruft der Wurzelkrebs *Sacculina* bei den Männchen von Krabben (*Inachus*) eine Umwandlung der äußeren Geschlechtscharaktere (Form des Abdomens, Abdominalfüße) in weiblicher Richtung hervor, und hier nehmen sogar die Keimdrüsen, also die primären Geschlechtscharaktere, teilweise einen weiblichen Charakter an. Ein botanisches Gegenstück bildet die Beobachtung, daß bei den weiblichen Pflanzen von *Melandrium album* die Infektion mit einem Brandpilz (*Ustilago violacea*) eine Zurückbildung des weiblichen Organs, des Pistills, und eine volle Entwicklung der normalerweise rudimentären Antheren bewirkt (*Strasburger* 1900 u. *Correns-Goldschmidt* 1913).

2. Das Naturexperiment der undifferenziierten Fröschrassen (*Witschi*).

In warmen Gegenden sind alle eben metamorphosierten Frösche Weibchen oder besser Tiere, die erst die weibliche Differenzierungsrichtung einschlagen, von denen sich dann später 50% durch Umdifferenzierung des jugendlichen Ovariums zu normalen Männchen entwickeln. Erfolgt die Umdifferenzierung erst dann, wenn schon weibliche sekundäre Merkmale ausgeprägt sind, so bekommen wir Zwitter. Welche Faktoren hier bei dem Naturexperiment wirksam sind, muß noch näher erforscht werden.

3. Versuchte *Geschlechtsumstimmung jugendlicher Tiere* durch Transplantation heterologer Keimdrüsen, nach totaler Kastration (*Oudemans-Meisenheimer* bei Insekten, *Schultz, Steinach* u. a. bei Säugetieren).

Die Versuche, die an Insekten angestellt worden sind, zeigen, daß hier die sekundären Geschlechtsmerkmale sich auch unabhängig von den Keimdrüsen entwickeln können. Wenn diese im frühen Raupenstadium oder selbst im Furchungsstadium als Polzellen (*Hegner*) entfernt werden, so kommen doch voll ausdifferenzierte somatische Geschlechtstiere zur Entwicklung. Transplantiert man die entgegengesetzte Keimdrüse, so entwickelt sich diese normal, aber das Soma wird in keiner Weise beeinflusst, selbst wenn man z. B. viele Ovarien in ein kastriertes Raupenmännchen verpflanzt. Bei Insekten ist also jede Zelle normalerweise geschlechtlich unabänderlich differenziert. Daß dabei die Geschlechtschromosomen eine Rolle spielen, ist wohl klar, nur sind sie lediglich als ein äußerlich sichtbarer Ausdruck des physiologischen Geschehens anzusprechen. In dem vorhin erwähnten cytologischen Befund von *Junker* bei *Perla*-Männchen mit Ovar neben normalem Hoden, zeigen sogar die Eizellen die männliche Geschlechtschromosomengarnitur, so

daß sie sich physiologisch wahrscheinlich ähnlich verhalten wie die männlichen Keimzellen. Da sie vor der Reife degenerieren, so stellen sie wahrscheinlich eine geschlechtliche Hilfsdrüse dar, wie etwa das Biddersche Organ der Kröten.

Auf die Versuche zur Geschlechtsumstimmung durch Transplantation bei Wirbeltieren war ich schon in einem früheren Artikel dieser Zeitschrift „Das Problem der Geschlechtsumstimmung und die sogenannte Verjüngung“ (Jahrg. LX, 1921) eingegangen, so daß ich darauf verweisen kann.

Eine wirkliche Geschlechtsumwandlung ist dadurch nicht erzielt worden, trotz der zahlreichen Versuche von *Steinach, Athias, Sand, Harms* an Meerschweinchen und Ratten, von *Brandes* an Damhirschen, von *Goodale* und *Péard* an Hühnern. Als positive Resultate sind zu buchen: Entwicklung der Brustdrüsen beim Männchen vom Meerschweinchen, stärkere Entwicklung des Kehlkopfes und Ansatz zu einem Geweih beim Tier des Damhirsches, Entwicklung eines weiblichen Gefieders und Sporenbildung bei im Alter von 24 Tagen feminierten Enten und Hühnern. Hier wäre auch noch ein schönes Resultat von *Péard* und *Sand* zu erwähnen, die vor der Mauser einen Hahn halbseitig entfederten und dann ein Ovarium transplantierten; die sich bildenden Federn wurden dann weiblich, so daß sie so einen Halbseitzwitter bezüglich des Gefieders erzielten.

Normale oder auch nur annähernd normale Männchen aus jungen Weibchen hat noch niemand durch Transplantation erzielt. Ich halte das auch für unmöglich, da jugendliche Säugetiere schon nach einer Richtung geschlechtlich in Entwicklung begriffen sind, also bei einer Umschlagsreaktion höchstens Intersexualität ergeben könnten, auch bleibt eine syngenesioplastisch übertragene heterologe Keimdrüse selten für einen längeren Zeitraum normal erhalten.

Eine wirkliche Geschlechtsumstimmung muß daher mit rein *physiologischen Methoden* versucht werden. Da wir namentlich bei Wirbeltieren entwicklungsgeschichtlich und vergleichend-anatomisch schon lange wissen, daß primäre und sekundäre Geschlechtsmerkmale indifferent angelegt werden, und für alle männlichen sekundären Merkmale beim Erwachsenen Homologa der weiblichen und umgekehrt vorhanden sind, so müssen wir vererbungstheoretisch annehmen, daß in jedem Tier die Anlagen des anderen Geschlechtes latent vorhanden sind. Diese müssen aber zur Entfaltung gebracht werden können unter gleichzeitiger Ausschaltung oder Hemmung der dominanten entgegengesetzten Merkmale, damit komme ich zur

4. *Experimentell-physiologischen Geschlechtsumstimmung.*

Zu diesen Versuchen habe ich Kröten verwandt, weil diese Tiere, wie die Anuren überhaupt, noch bezüglich der Geschlechtsbestimmung labile Tiere sind, im Gegensatz zu den Insekten.

Die männlichen Kröten haben neben dem Hoden noch ein Biddersches Organ, das als Rest der Urkeimdrüse, die sich in der Richtung eines rudimentären Ovariums entwickelt, aufgefaßt werden muß. Beim Weibchen ist nur noch bei *Bufo vulgaris* im erwachsenen Zustand ein Biddersches Organ vorhanden. Bei 10% aller männlichen Kröten der Umgebung Marburgs findet man einen Teil des Bidderschen Organs zu einem völlig normalen kleinen Ovarium umgebildet. In der Königsberger Gegend dagegen trifft man äußerst selten ein Ovarium beim Männchen an. Trotz des Vorhandenseins eines Ovariums verhalten sich die Tiere wie typische Männchen, die auch fruchtbare Begattungen ausführen können. Aber auch im Hoden sind gar nicht so sehr selten Eier anzutreffen und zwar in den Tubuli semiferi, wie wir auch bei eben geborenen Säugetieren oft noch derartige Männcheneier im Hoden antreffen. Alles das spricht für eine bisexuelle Anlage.

Wenn nun die anuren Amphibien und bis zu einem gewissen Grade alle Wirbeltiere geschlechtlich labile Individuen sind, so muß das Geschlecht bei ihnen auch metagam beeinflussbar sein. Das beweist sowohl das Naturexperiment der spät differenzierenden Rassen als auch die Überreifeversuche *Hertwigs*, als auch die experimentell-physiologische Geschlechtsumstimmung bei Erwachsenen, wie sie mir gelungen ist.

Die Anuren stellen nun das beste Beispiel für die doppelgeschlechtliche Anlage dar. Für sie gilt im ausgesprochenen Maße der schon 1880 von *M. Nußbaum* aufgestellte Satz „man wird demgemäß nicht die Geschlechter als etwas verschiedenes, ihre Entstehung nicht als die fortschreitende Ausprägung eines von vornherein gegebenen, aber latenten und nicht in die Erscheinung tretenden Gegensatzes auffassen,“ worauf ich schon 1914 in einem einschlägigen Kapitel meines Buches über „Innere Sekretion der Keimdrüsen“ hinwies. Mit *Roux* müssen wir annehmen, daß das befruchtete Ei die sämtlichen Determinationsfaktoren der beiden Geschlechter enthält, ja daß das bei geschlechtlich labilen Tieren, wie den Anuren, auch noch bei *Erwachsenen* zutrifft. Jede einzelne Urkeimzelle muß sämtliche Determinationsfaktoren besitzen, die bei den Insekten durch Selbstdifferenzierung jeder einzelnen Zelle, vermittelt des Geschlechtschromosomenmechanismus das Geschlecht gesetzmäßig auslöst. Bei den Wirbeltieren oder zum mindesten bei den Anuren, können nun die Urkeimzellen durch äußere Beeinflussung männlich oder weiblich werden, wie das besonders schön die Überreifeversuche und das Naturexperiment der undifferenzierten Rassen zeigen. Welcher Art diese Differenzierungsfaktoren sind, können wir einstweilen noch nicht sagen. *Witschi* bezeichnet sie als nutritive morphogenetische Substanzen — um den Begriff Harmozone zu umgehen. Dabei sagt seine Definition eigentlich das gleiche —, die, wenn sie im Keimepithel lokalisiert gefunden werden, weiblich deter-

minierende sind, oder wenn sie vom Interstitium der Sexualstränge ausgehen, männlich determinierende sind. Im letzten Fall sind es sicher auch männlich determinierte Urkeimzellen und nicht die Zwischenzellen, die über den Weg des Interstitiums Geschlechtsmerkmale determinieren. Ausgesagt ist hiermit noch nichts darüber, welche Faktoren es sind, die die Urkeimzellen nach der einen oder der anderen Richtung hin determinieren, denn wenn sich die Sexualstränge gebildet haben, so ist das Männchen schon als solches erkennbar und die Determination ist schon vollzogen. Immer sind für die Determination des Geschlechts, auch wenn sie nicht durch den Geschlechtschromosomenmechanismus äußerlich sichtbar geregelt wird, äußere Faktoren verantwortlich. Bei den Überreifeversuchen faßt das *R. Hertwig* so, daß er sagt, „ich bin daher zur Auffassung gelangt, daß nur die Beeinflussung der in den Uterus übergetretenen Eier eine Veränderung der geschlechtsbestimmenden Faktoren herbeizuführen vermag“. Die Überreife wird aber mit Kälte erzielt und damit wird auch eine Veränderung des Stoffwechsels in den Eizellen vollzogen, der vielleicht die weibchenbestimmenden Enzyme schädigt, so daß nur Männchen mit höherer Oxydationsfähigkeit entstehen. Andererseits haben wir bei Fröschen und Kröten in warmen Gegenden spät differenzierende Rassen, d. h. nach der Metamorphose sind die jungen Tiere alle Weibchen oder besser Tiere, die die weibliche Differenzierungsrichtung einschlagen. Man könnte sich vorstellen, daß die Tiere durch den milden Winter dieser Gegenden und die frühe Eiablage andere Stoffwechselzustände in den Ovarien haben als die Kälterassen und daß hier die Männchen determinierenden Faktoren zurückgedrängt werden. Es müssen nach dieser Richtung hin noch weitere Versuche angestellt werden.

Bei meinen eigenen Versuchen über *experimentell-physiologische Geschlechtsumstimmung* bei jungen und erwachsenen Kröten liegt die Ursache klar zutage. Alle männlichen Kröten haben neben dem Hoden ein Biddersches Organ, das als rudimentäres Ovarium aufgefaßt werden muß, zu mindesten die direkte Entwicklung aus Urkeimzellen in weiblicher Richtung darstellt. Das Biddersche Organ tritt nach den Untersuchungen von *King* gesondert bei Kaulquappen von 15—18 Tagen zum erstenmal auf. Der vordere Teil der Genitalleisten wuchert schneller als der hintere und enthält 5—8 große Primordialkeimzellen, während in den hinteren und mittleren Regionen, wo später Hoden und Ovarien entstehen, nie mehr als drei dieser Zellen vorhanden sind. Der vordere Abschnitt wird zum Bidderschen Organ, der hintere zu den Geschlechtsdrüsen. Das Biddersche Organ entwickelt sich sehr viel schneller als letzteres, und schon lange bevor man das Geschlecht unterscheiden kann, hat es eine beträchtliche Größe erreicht. Im Bidderschen Organ entwickeln sich Oocyten nur bis zum Synapsisstadium der Ovarialoocyten und fallen dann der Degeneration an-

heim. Man könnte das Biddersche Organ vielleicht als die in weiblicher Richtung abgeänderte Keimdrüse des Urodelenstadiums der Kröten auffassen. Entfernt man nun bei männlichen erwachsenen Kröten — ich füge hier das Situsbild einer normalen männlichen Erdkröte bei, Fig. 1 — die Hoden und beläßt das Biddersche Organ (BO), so bleiben zunächst die sekundären Geschlechtsmerkmale unter dem Einfluß des männlich inkretorisch wirkenden Bidderschen Organes vollständig erhalten. Dadurch, daß das Tier seiner männlichen Generationszellen vollständig beraubt ist, werden in immer stärkerem Maße vom Hoden bewirkte Hemmungen, die

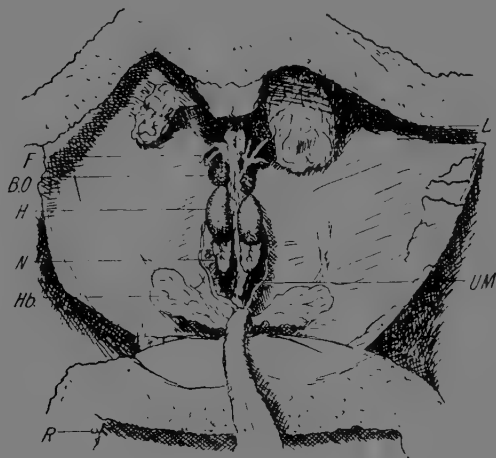


Fig. 1. Normale männliche Kröte (*Bufo vulgaris* L.) aus dem Frühjahr, wie sie zur experimentell-physiologischen Geschlechtsumstimmung verwandt wurden. BO Biddersches Organ, F Fettkörper, H Hoden, Hb Harnblase, L Lunge, N Niere, R Rectum, UM Uterus masculinus.

normalerweise die weibliche Anlage latent erhalten, beseitigt. Füttert man diese Tiere außerdem noch stark mit fetthaltigen Substanzen, Lipoiden und Lecithinen, und schaltet individuell abgestimmte Hungerperioden ein, so hypertrophieren die Eier des caudalen Teiles des Bidderschen Organes, während der vordere physiologisch ein weibliches Biddersches Organ wird; die Eier im caudalen Teil fallen jetzt nicht mehr nach dem Synapsisstadium der Degeneration anheim und wachsen allmählich zu normalen Eizellen heran. In dem Maße wie das Biddersche Organ sich zu einem Ovarium umdifferenziert oder in dem Maße wie man den männlichen Stoffwechsel in den weiblichen umschlagen läßt, kommen die latenten weiblichen Merkmale zur Entwicklung, und dann bilden sich auch Eileiter und Uterus aus dem Uterus masculinus heraus. Auch die Körper-

formen und das Verhalten der Tiere wird weiblich. Ein vollkommen umgestimmtes junges Tier ist in Fig. 2 dargestellt, das sich in nichts mehr von einem Weibchen unterscheidet. Die männlichen Charaktere bilden sich allmählich zurück. Die Daumenschwielen, der Klammerungsreiz und der Braunlaut verschwinden. Es läßt sich also so im Laufe mehrerer Jahre durch Beseitigung der Hemmungen auf die latente weibliche Anlage und die Förderung der Entwicklung von normalen Eizellen im Bidderschen Organ durch Fütterung, also durch Stoffwechselbeeinflussung, aus einem normalen Männchen ein normales Weibchen entwickeln. Daß diese Versuche

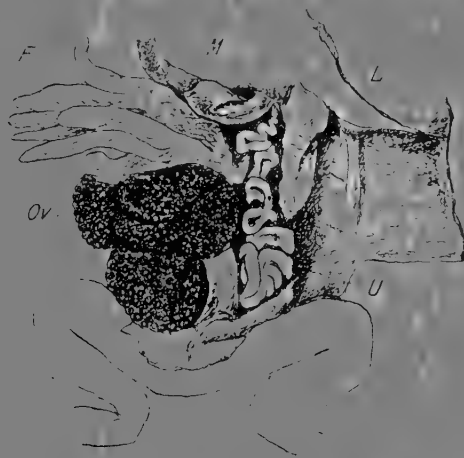


Fig. 2. Eine im Alter von 1½ Jahren, am 21. IX. 20 umgestimmte normale männliche Kröte, die am 19. II. 1923 vollkommen weibliche Merkmale hatte. Das linke Ovarium ist nach rechts herübergeklappt, um den Eileiter sichtbar zu machen. F Fettkörper, L Lunge, M Magen, Ov Ovarium, U Eileiter und Uterus.

schneller und leichter gehen bei jungen Tieren, und solchen, die schon eine Tendenz zur Entwicklung von Eizellen im Bidderschen Organ haben, ist wohl ohne weiteres klar und geht aus den Versuchsprotokollen hervor, die meiner ausführlichen Arbeit, die in den Anatomischen Heften demnächst erscheint, beigegeben sind.

Vererbungstheoretisch werden sicher die Versuche zur Fortpflanzung dieser aus Männchen herausdifferenzierten Weibchen sehr interessant sein. Ich hoffe dieselben im Frühjahr 1924 ausführen zu können. Auch die Untersuchung der Chromosomenverhältnisse vor und nach der Geschlechtsumwandlung dürfte noch wichtige Resultate ergeben. Die Umstimmung, und das halte ich für besonders wichtig, gelingt restlos bei allen Krötenmännchen, sie dauert allerdings beim erwachsenen Tiere 4—5 Jahre.

Die Festgabe der Kristallographen an P. v. Groth zur Feier seines achtzigsten Geburtstages¹⁾.

Zum achtzigsten Geburtstage des Altmeisters der kristallographischen Wissenschaft konnte die Fachwelt wohl

¹⁾ Festband der Zeitschrift für Kristallographie. P. v. Groth zum 80. Geburtstag gewidmet (23. Juni 1923). Herausgegeben von P. Niggli. Mit einem Bild-

nicht schöner den herzlichsten Dank zum Ausdruck bringen, welchen sie ihm schuldet, als in der Widmung

nis des Jubilars in Lichtdruck, 131 Textfiguren und 8 Tafeln, 640 S. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1923. Preis Gz. 42.

dieses monumentalen Festbandes. Es ist erhebend, die zahlreichen Zuschriften aus allen Ländern einmütig von dem Gedanken getragen zu wissen, daß *Groth's* Lebenswerk unentbehrliches Gemeingut auf dem Gebiete der Chemie, Physik und Mineralogie geworden ist. Die große Fülle bahnbrechender Arbeiten des Meisters, welche in der eingangs des Bandes von K. Mielitner zusammengestellten Übersicht uns begegnet, gibt uns eine Vorstellung von der Bedeutung seines reichen Lebenswerkes.

Aus dem Inhalte des schön ausgestatteten Bandes sei im folgenden eine Besprechung der 32 Einzelbeiträge gegeben, welche nicht nur dem Gebiete der geometrischen, physikalischen und chemischen Kristallographie angehören, sondern auch sehr wertvolle Forschungen aus dem Gebiete der Minerallagerstätten-Forschung und anderer Zweige der Mineralogie enthalten.

1. J. Beckenkamp, *Atomanordnung und Spaltbarkeit* (S. 7—39).

Es wird gezeigt, daß die bekannte *Bravais-Sohnckesche* Hypothese der Spaltbarkeit keineswegs immer erfüllt ist. Maßgebend für das Vorhandensein einer Spaltbarkeit ist der minimale positive oder der negative Wert der von den Elektronen im Gitterverbande ausgehenden attraktiven Kräfte zwischen zwei benachbarten Atomschichten. Zwillingsbildung kommt dann zustande, wenn nicht nur jene Anziehungskräfte einen minimalen positiven oder einen negativen Wert besitzen, sondern wenn zugleich auch noch auf den Atomkern zurückzuführende Teilgitter oder Netzebenen vorhanden sind, die sich über die Zwillingsgrenze hinaus entweder genau oder doch annähernd fortsetzen. Zwillingsgrenzen sind zugleich Ebenen, deren Normalen Kohäsionsminima darstellen.

In solchen Fällen, in denen die *Bravais-Sohnckesche* Vorstellung nicht erfüllt ist, läßt sich die Spaltbarkeit auf einen minimalen Wert der Anziehung zwischen elektrisch ungleichartigen Atomen oder auf einen maximalen der Abstoßung zwischen zwei Schichten gleichartiger zurückführen.

Die *Bravais-Sohnckesche* Hypothese ist anwendbar bei denjenigen Gittertypen, welche sich vom Mg-Grundtypus (hexagonal, innenzentriertes dreiseitig-prismatisches Gitter mit $a:c = 1:\frac{2}{3}\sqrt{6} = 1,632\,98$) ableiten. Bei diesen sind die Atomschwerpunkte nach dem Spinellgesetz angeordnet; in bezug auf die Elektronen besteht eine Spiegelung nach der hexagonalen Basisfläche, so daß sich gleichartige elektrische Ladungen unmittelbar gegenüberliegen. Dies bedingt den basaltartigen Habitus solcher Kristalle und ihren blättrigen Bau nach der Basis, d. h. also ihre Spaltbarkeit nach dieser.

2. A. E. H. Tutton, *Vollendung der Untersuchung über die monosymmetrischen Doppelsulfat- und Doppelselenat-Hexahydrate und die daraus abgeleiteten Hauptschlußfolgerungen* (S. 40—74).

Die vorliegende Mitteilung bringt den Abschluß der wichtigen dreißigjährigen Arbeit des Verfassers über die monoklin-prismatischen Reihen $R_2M\left\{\begin{smallmatrix} S \\ Se \end{smallmatrix} O_4 \right\} \cdot 6 H_2O$. Sie enthält die interessanten allgemeinen Schlußfolgerungen aus den seit 1914 angestellten Untersuchungen über die Doppelselenatreihen der M-Ni, Fe, Co, Cu, Mn und Cd enthaltenden Salze, welche bisher nur in den *Transact. a. Proceed. of the Roy. Soc. (A, 1919, 96; 1920, 98; 1922, 101; Phil. Transact. Roy. Soc. 1915, 216)* publiziert worden waren. Als einwertige Komponenten R wurden eingeführt K, Rb, Cs, NH₄ und Tl.

Besonders auch die einfachen Salze $R_2\left\{\begin{smallmatrix} S \\ Se \end{smallmatrix} O_4 \right\}$, welche rhombisch kristallisiert sind, wurden nach ihren geometrischen wie physikalischen Konstanten eingehend untersucht, endlich wurden einige analoge Doppelchromate des Mg berücksichtigt; im ganzen wurden 75 Salze in sehr eingehender Weise gemessen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die morphologischen und optischen Eigenschaften dieser isomorphen Reihen und, soweit bestimmt, auch die thermischen Dilatationen einen regelmäßigen Verlauf im Verhältnis zur Atomordnungszahl und zum Atomgewicht der beteiligten Elemente zeigen. Die Kristalle der Ammoniumsalze erwiesen sich dabei praktisch immer isostrukturell mit denjenigen des Rubidiums der gleichen Gruppe; dieses wichtige Ergebnis stimmt zu der Theorie von W. L. Bragg über die Atomdurchmesser, nicht aber zu derjenigen von Pope-Barlow über die Valenzvolumina.

Die Tuttonschen Ergebnisse entscheiden endgültig den Widerstreit der *Hauy-Mitscherlich'schen* Postulate; jede Substanz, selbst in isomorphen Reihen, selbst innerhalb der regulären Sygonie, hat ihre eigenen, ihr eigentümlichen Kristallformen und Eigenschaften. Selbst die kleinsten Winkeldifferenzen in isomorphen Reihen entsprechen einem deutlichen Entwicklungsgesetz, das mit der Ordnungszahl der Elemente und deren Atomgewicht verknüpft ist.

3. A. Meier, *Kristallographische Beschreibung einiger Mineralien von der Eisenbläue bei Schönau im Wiesenthal (Baden)* (S. 75—107).

Beschreibung folgender Mineralien aus dem 1917 am südlichen Ausläufer des badischen Belchens eröffneten Flußspatbergwerk „Pfingstsegen“ (Blatt *Todtnau*):

Cerussit.

Anglesit. Sehr charakteristisch ist die gesetzmäßige Verwachsung mit Baryt mit parallelen Basisflächen; es ist dies ein bisher nicht bekanntes Anzeichen für die Isomorphie beider Mineralien.

Schwefel neben *Anglesit*, oft außerordentlich flächenreich entwickelt.

Wulfenit.

4. A. Hadding, *Eine röntgenographische Methode, kristalline und kryptokristalline Substanzen zu identifizieren* (S. 108—112).

Die Aufnahme des *Debye*-Diagramms von feinstpulverisierten oder gar submikroskopischen Substanzen ist von unschätzbarem Werte für die qualitative Identifizierung derselben. Sie sind von besonders großer Bedeutung, wenn das Präparat aus einer Mischung verschiedener Kristallarten besteht. Es wird an Aufnahmen von Löß, Tonen, Kaolin usw. gezeigt, wie die Gegenüberstellung der Linien auf dem Film mit Vergleichsaufnahmen nach Lage und Intensität zu einer sicheren Identifizierung der Bestandteile führt.

5. V. Rosický, *Über die Symmetrie des α -Schwefels* (S. 113—124).

Die schon oft diskutierte Frage, ob der gewöhnliche Schwefel der rhombisch-bipyramidalen Symmetrieklasse oder der klinobisphenoidischen angehört, untersucht Verf. durch die Ätzfiguren an natürlichen Kristallen. Die Ätzgrübchen, besonders aber ihre Lichtfiguren, beweisen unzweideutig, daß der Schwefel klinobisphenoidisch kristallisiert, in Übereinstimmung mit dem früheren Urteil von P. v. Groth. Merkwürdig ist dabei die Pseudosymmetrie der Ätz- und Lichtfiguren auf Basis und Bisphenoiden. Gelegentlich sich findende Ätzhügel sprechen nicht gegen die holoedrische

Auffassung; nach G. v. Rath sind sie als Wachstumserscheinungen anzusehen.

6. E. Kaiser, *Kaolinisierung und Verkieselung als Verwitterungsvorgänge in der Namibwüste Südwestafrikas* (S. 125—146).

Entgegen der oft vertretenen Auffassung, daß in ariden Wüstengebieten die chemische Verwitterung ganz zurücktrete und nur eine physikalische stattfinde, so daß der Wüstenboden „nicht nur wegen des Wassermangels unfruchtbar“ sein müsse (Wiegner), ist zweifellos die chemische Verwitterung in ihnen von derjenigen der humiden Regionen prinzipiell nicht sehr verschieden. Auch die Wüste ist nicht völlig frei von Niederschlägen, treten diese vielmehr doch *episodisch* in großer Fülle auf. Die darauffolgende Durchfeuchtung und Durchsickerung des Gesteins führt wie in den humiden Gebieten zur hydrolytischen Spaltung der Silikate. Besonders die durch die Sonnenstrahlung erhöhte Oberflächentemperatur verstärkt diesen Vorgang; bei durchlässigem Gestein kann die Hydrolyse aber auch eine sehr bedeutende Tiefenwirkung entfalten. Der Hauptvorgang ist dabei die Kaolinisierung, in nächster Umgebung aber kommt es zur Verkieselung des Bodens, weil die bei der Aufspaltung tonerdehaltiger Gesteinsbestandteile sich bildende Kieselsäure in disperser Form nicht weit zu wandern vermag, vielmehr von den elektrolytreichen Wässern der Trockengebiete sofort ausgeflockt wird. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Verhältnissen in humiden Regionen ist nur gegeben in dem Verhalten der dispersen Phasen von Al_2O_3 , Fe_2O_3 , vielleicht auch von TiO_2 . Als spezielles Beispiel wird die Verwitterung eines camptonitisch-monchiquitischen Ganggesteins näher besprochen.

7. C. Leiß, *Über die objektive Darstellung der Grenzkurven bei Kristallen* (S. 147—149).

Die von E. A. Wulffing (1912) angegebene verbesserte Refraktoskopvorrichtung zur Demonstration der Grenzkurven wird dadurch weiterhin vervollkommen, daß an Stelle der sphärischen Glasschale eine Kronglas-halbkugel mit mattierter Kugelfläche als Auffangschirm verwendet wird, wodurch die Grenzen als Raumkurven mathematisch genau zur Abbildung gelangen.

8. M. H. Ungemach, *Sur les formes cristallines de notation compliquée* (S. 150—171).

Abweichungen vom Haüy'schen Grundgesetz der einfachsten rationalen Achsenabschnitte sind in der Tat bei weitem weniger häufig, als man wohl bisher annahm. Von den Vizinalflächenbildungen, deren Indizes nicht genau bestimmbar sind, soll hier nicht gesprochen werden; sie sind zufällige Flächenbildungen, entsprechen keinen selbständigen Formen. Als Erfahrungsregel läßt sich sagen, daß diejenigen Formen die häufigsten sind, deren absolute Indizesumme kleiner als 10 ist. In zahlreichen Fällen läßt es sich zeigen, daß lediglich eine unzweckmäßige Aufstellung und Bestimmung der Fundamentalaabschnitte zu den komplizierten Symbolen der Literatur geführt hatte. Des öfteren hatte die Mutmaßung isomorpher Beziehungen eher irregeleitet als die zweckmäßige Deutung der Formen gefördert. Besonders interessant sind die Fälle, bei denen die von Friedel vertretenen Anschauungen *mehrfacher* Gitterstrukturen anwendbar sind, so bei Coquimbite, Leadhillite, Glaubersalz und Muscovit, ferner beim Dolomit und Calcit (in geringerem Grade). Von Bedeutung wird alsdann eine präzise Formulierung der Wichtigkeit einer Form, gegeben durch Häufigkeit und geographische Verbreitung. Auch beim

Anglesit lassen sich Doppelgitterstrukturen voraussehen, welche eine Isomorphie mit Baryt erklären.

Nur in folgenden Fällen sind wirkliche Formen mit komplizierten Symbolen häufig und groß entwickelt, dabei aber ganz sicher gemessen: Antimonglanz, Pyargyrit, Proustite, Chalkostibit, Brookit, Anatas und Chessylit. Sie widersprechen den Komplikationsregeln und dem Bravais'schen Gesetze.

9. F. M. Jaeger, *Über optisch aktive Komplexsalze des vierwertigen Platins* (S. 172—182). Kristallographische Beschreibung und Messung der optischen Eigenschaften einiger Äthylendiamin-Komplexverbindungen des Platins.

Die Messungen ergeben eine Bestätigung des Pasteur'schen Satzes von der optischen Aktivität enantiomorpher Antipoden, auch wenn im Molekül keine „asymmetrischen Atome“ vorkommen.

10. O. Weigel, *Die Elektrizitätsleitung in den Zeolithen* (S. 183—202).

Das elektrolytische Leitvermögen der Zeolithe, gemessen nach der elektrometrischen Methode, beruht nicht auf dem unmittelbaren Vorhandensein beweglicher Ionen im Gitter der Zeolithe, sondern auf der Anwesenheit von Wasser in ihnen. Die Verhältnisse liegen also in den kristallisierten Zeolithen *anders* als in den von A. Günther-Schulze untersuchten *Permutilen*, deren verhältnismäßig bedeutende Leitfähigkeit ausschließlich auf die Bewegung der Kationen des Silikates zurückzuführen ist. Gegenüber Glimmer, Topas, Kalkspat usw. sind die Zeolithe als gute Leiter zu bezeichnen. Mit andauerndem Stromdurchgang wird ihre Leitfähigkeit geringer, weil durch den Fortgang eines Teils des Wassers eine Verarmung an Ionen eintritt und die Zuführung neuer durch die sehr langsame Diffusion erschwert ist. Bei Verwendung von Wasserelektroden an Stelle von trockenen Staniölektroden verschwinden diese Anomalien.

Es treten in den Zeolithen bei Stromdurchgang sehr erhebliche Gegenkräfte auf, welche eine Folge der Verarmung der Strombahn an Ionen sind. Das Leitvermögen der Zeolithe ist endlich in hohem Maße von der Temperatur abhängig.

11. G. Aminoff, *Untersuchungen über die Kristallstrukturen von Wurtzit und Rotnickelkies* (S. 203 bis 219).

Das Gitter des Wurtzits ist hexagonal mit $a : c = 1 : 1,638$; zwei Moleküle ZnS sind im Elementarparallelepiped enthalten. Nach der Debyeschen Methode ergeben sich Werte, die mit folgenden beiden Anordnungen der Symmetrie C_{6h} verträglich sind:

$$Zn : \left[\begin{pmatrix} 000 \\ 3 \ 2 \ 2 \end{pmatrix} \right], \left[\begin{pmatrix} 2 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 2 \ 2 \end{pmatrix} \right]$$

$$S : \left[\begin{pmatrix} 00p \\ 3 \ 3 \ p-1 \end{pmatrix} \right], \left[\begin{pmatrix} 2 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 3 \ p-1 \end{pmatrix} \right]$$

oder

$$Zn \text{ (bzw. } S) : \left[\begin{pmatrix} 000 \\ 3 \ 2 \ 2 \end{pmatrix} \right], \left[\begin{pmatrix} 2 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 2 \ 2 \end{pmatrix} \right]$$

$$S \text{ (bzw. } Zn) : \left[\begin{pmatrix} 1 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 2 \ p \end{pmatrix} \right], \left[\begin{pmatrix} 1 \ 2 \ 1 \\ 3 \ 3 \ p-1 \end{pmatrix} \right]$$

Wahrscheinlicher dürfte die erstere mit $p \sim 1/3$ sein. Rotnickelkies liefert durchaus hexagonale Röntgenogramme, mit $a : c = 1 : 1,430$; wiederum befinden sich zwei Moleküle $NiAs$ im Elementarparallelepiped. Die gleichen Strukturtypen wie oben entsprechen den Experimentalbefunden. Für $p \sim 3/4$ stimmt die letztgenannte Struktur mit den Atomradien für Ni und As überein, welche man aus Messungen an anderen Kristallen ermittelt hat.

Bemerkenswert ist der quasikubische Typus des Achsenverhältnisses für den Rotnickelkies. Die Struktur des Wurtzits ist ausgeprägt tetraedisch und zeigt große Übereinstimmung mit dem Gefüge der Zinkblende.

12. L. Weber, *Ein einfacher Ausdruck für das Verhältnis der Netzdichten der Bravais'schen Raumgitter* (S. 220—225).

Aus dem Positionswinkel ϕ der Normale einer Fläche (hkl) gegen die z -Achse läßt sich ohne weiteres das Verhältnis ihrer Maschenweite im Raumgitter zu der der Einheitsfläche ($U=1$) angeben, wenn deren ϕ_0 -Wert bekannt ist. Einige Beispiele spezieller Art werden gegeben.

13. F. Zamboni, *Über die Mischkristalle, welche aus Verbindungen des Calciums, Strontiums, Bariums und Bleis mit jenen der seltenen Erden bilden* (S. 226 bis 292).

Während in der Epidotgruppe sowie zahlreichen Doppelsalzen nach den Untersuchungen von Engström, Bodmann, Urbain und Lacombe die Metalle der Cer- und Yttriumgruppe isomorph mit Aluminium im Ferriessen, also dreiwertig auftreten, mußte es anfallen, daß z. B. in der Gruppe des Ilmenits und Florencits wie in Perowskit-Khopit nach Groth das Cer vierwertig sein müßte, in dem Maße, wie es darin Ca oder Sr ersetzt. Entgegen der vordem von Wyrouboff u. a. verteidigten Ansicht, die seltenen Erdmetalle müßten auch zweiwertig sich verhalten, haben die neuesten Leitfähigkeitsmessungen sowie die Streubanschen Untersuchungen die Einordnung dieser Elemente nach dem Moseleyschen Gesetz in die dreiwertige Gruppe sichergestellt. Die von Cossa dargestellten Molybdate und Wolframate seltener Erden sind aber zweifellos isomorph (isogon) mit den tetragonalen Salzen CaWO_4 , PbMoO_4 usw.

Verf. hat sich nun die Aufgabe gestellt, durch thermische Analyse bzw. einfache Kristallisationsversuche aus gemischten wässrigen Lösungen die Mischkristallbildung von Ca-, Sr-, Ba-, Pb-Salzen mit denen von Ce-, La-, Nd-, Pr-Salzen zu untersuchen. Es wurde auf möglichst vollständige Kontrolle der Homogenität dieser Mischkristalle besonderer Wert gelegt.

Schon 1913 zeigte Verf., daß PbWO_4 und CeWO_4 aus der Schmelze eine lückenlose Reihe von Mischkristallen bilden. Nach Th. Vogt (1914) sind CaF_2 und CeF_3 bzw. YF_3 auch weitgehend miteinander mischbar. Die sehr zahlreichen Versuche ergaben, daß in der Tat auch die einfachsten Verbindungen der seltenen Erden die Fähigkeit besitzen, mit den entsprechenden von Ca, Sr, Ba, Pb homogene Mischkristalle zu bilden, bald in lückenloser Reihe, bald mit größerer oder kleinerer Mischungslücke. Die Zusammensetzung und auch die Bildung der Mischkristalle hängt oft stark von den Versuchsbedingungen ab.

Das Verhalten der Elemente der Cer-Yttrium-Gruppe den Erdalkalimetallen gegenüber ist eine Folge ihrer Stellung im periodischen System, wie das klar erhellt, wenn man sie mit Werner einordnet (als dreiwertige Erdalkalimetalle). Das Molekularvolumen der Verbindungen der seltenen Erden ist etwa dreimal so groß wie das der entsprechenden Ca-Pb-Salze. Die Winkelmessungen an den Mischkristallen ergaben keine eindeutigen Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Winkelwerten. Diese sind nicht additive Funktionen, manchmal sogar außerhalb der Werte für die Komponenten gelegen selbst bei schönster Ausbildung ihrer Formen.

14. H. Tertsch, *Folgerungen aus den Gitterstrukturen für TiO_2* (S. 293—308).

Aus den von Vegard erhaltenen Gitterstrukturen für Rutil und Anatas, insbesondere den Darstellungen der Atombereiche für Ti und O in ihnen wird gefolgert, daß die Spaltbarkeit und Kohäsion nicht allein von der geometrischen Anordnung, sondern auch noch von dem Zustand elektrischer Ladung der Verbindungsteile bestimmt wird. Es erscheint dem Verf. mit den Beobachtungen bei Rutil und Anatas, wie auch mit der Ausbildung einer Atomanordnung vom Typus der Diamantstruktur nicht verträglich, wollte man die Gesetze einfacher Kugelpackung auf sie anwenden. Auch die Annahme eines der Kugelsymmetrie möglichst nahestehenden Atombaus lehnt er ab. Im Rutil und Anatas haben die Fundamentalbereiche der Ti-Ionen eine annähernd tetraedisch-reguläre Symmetrie, welche aber in den beiden Modifikationen des TiO_2 in verschiedener Weise herabgemindert erscheint.

15. H. Schneiderhöhn, *Vorläufige Mitteilung über pyrometamorphe Paragenesen in den Siegerländer Spatschiefergängen* (S. 309—329).

Verf. erkennt die neuerdings auf Heinrichsglück bei Salchendorf gefundenen Paragenesen von Eisenspat mit Magnetkies, Pyrit und Markasit als Produkt einer pyrometamorphen Umwandlung des ursprünglich reinen Eisenspats, hervorgerufen durch das Empordringen sehr heißer schwefelhaltiger Gase. Die schon länger bekannten Paragenesen Eisenspat-Eisenglanz (im Rotspat in feinsten Durchdringung), Eisenglanz-Buntkupferkies-Kupferglanz-Kupferkies werden ebenfalls als Resultate einer Umbildung durch höhere Temperaturen erkannt. Durch Temperatursteigerung wurde der Eisenspat in Eisenglanz übergeführt, und zwar kennt man alle Übergänge von dem feindispersen Rotspat bis zu grobblättrig-kristallinen Hämatiten im Spat. Kupferkieshaltiger Spat ging alsdann in die Paragenese Eisenspat-Eisenglanz-Buntkupferkies über. Die Entstehung von lamellarem Kupferglanz neben Kupferkies aus Buntkupfererz durch Entmischung bei sinkender Temperatur ist schon durch frühere Beobachtungen des Verf. bekanntgeworden (vgl. Metall und Erz 19, 1922, 501, 517).

16. H. Steinmetz, *Orientierte Einschlüsse in Fluorit* (S. 330—339).

Beschreibung von Sulfideinschlüssen in Fluorit vom Wölfsenberg (Oberpfalz), welche zum Wirt gesetzmäßig orientiert erscheinen (Pyrit, Kupferkies) und z. T. achteckigen, z. T. sechseckigen oder rautenförmigen Umriß besitzen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Sulfidsubstanz zur Zeit ihrer Bildung in kolloidal-zähflüssigem Zustande war; es wurden offenbar die Sulfidsole an der Oberfläche des Fluoritkristalls ausgeflokt, wobei sich die Gelklümpchen niederschlugen. Diese wurden späterhin unter Schrumpfung entwässert, und unterlagen bei ihrem Einschluß („Einkristallisieren“) in den Fluorit dessen orientierenden Adhäsions-oberflächenwirkungen.

Bemerkenswert ist der innige Zusammenhang der intensiven Blauviolett-färbung des „Stinkspats“ mit dem Auftreten solcher sulfidischer Einschlüsse. Offenbar wurden mit den kolloiden Gelen radioaktive Substanzen niedergeschlagen. Durch Messung von „Ausbleichungshöfen“ (den umgekehrten Erscheinungen der pleochroitischen Höfe) ergab sich, daß in der Tat Uran-Radium-Wirkungen hier vorliegen müssen.

17. A. Ries, *Die halogenwasserstoffsaurer Salze des Anilins, Orthotoluidins und der orthohalogensubstituierten Anilinderivate* (S. 340—355).

Detaillierte kristallographische Beschreibung der Chloride, Bromide und Jodide der genannten Basen. Von den zwölf wasserfrei kristallisierenden Salzen haben elf eine pseudokubische Struktur.

18. G. Flink, *Über die Långbangruben als Mineralvorkommen*. (Eine vorläufige Orientierung.) (S. 356 bis 385.)

Die berühmten Eisen- und Manganerzgruben von Långban, Nordmarken, Jakobsberg und Harstigen (Pajsberg) unweit Filipstad haben bekanntlich ein ganz ungewöhnliches Interesse durch die Mannigfaltigkeit ihrer Mineralführung und den Reichtum an neuen Species. Nordmarken, Jakobsberg und Harstigen sind so gut wie abgebaut; aber die Gruben von Långban haben eine so ungewöhnliche Bedeutung als Mineralagerstätte in der Gegenwart erhalten, daß es sich wohl lohnt, sie monographisch zu bearbeiten. In vorliegender Mitteilung wird einiges Wichtige über Lage, Geologie, Alter usw. der Långbangruben gebracht, alsdann ein Verzeichnis derjenigen Mineralien gegeben, die als mehr oder weniger bekannt dortselbst gefunden wurden, endlich eine Aufzählung derjenigen, welche noch nicht näher untersucht worden sind. Von ihnen gewiß eine ganze Anzahl neue Species darstellen mögen.

19. P. Tschirwinsky, *Beiträge zur Mineralogie Rußlands. I. Teil* (Arsen, Pyrit, Markasit, Eisenglanz, Quarz, Chaledon, Kieselgur, Zirkon) (S. 386—403).

Auszüge aus mehreren in russischer Sprache bereits erschienenen oder doch druckfertigen Abhandlungen über russische Vorkommen der genannten Mineralien.

20. A. Fock, *Über die Konstitution der chemischen Substanzen im kristallisierten Zustande* (S. 404—412).

Die beste Grundlage für die Beurteilung der Konstitution chemischer Verbindungen bildet wohl noch immer die Theorie der festen Lösungen, welche in dem Temperaturintervall zwischen Schmelzpunkt und demjenigen Wärmegrade gültig ist, bei welchen die Postulate der Quantentheorie bzw. des *Nernst'schen* Wärmethorems in Kraft treten. Auf experimentellem Wege ist freilich direkt ein Beweis für die Richtigkeit der Theorie der festen Lösungen nicht gut zu erbringen; doch sind insbesondere die Erfahrungen des elektrolitischen Leitvermögens fester Stoffe ihr nicht entgegen. Die an Hand dieser Theorie ausgeführten Molekulargewichtsbestimmungen für den kristallisierten Zustand lassen keine andere Deutung zu, als daß besondere Kristallmoleküle nirgends bestehen, im allgemeinen aber die chemischen Moleküle im Kristall weiterbestehen. Kristallmoleküle und chemische Moleküle stimmen demnach überein. Nur in unmittelbarer Nähe des absoluten Nullpunktes verschwinden die Schwingungen der Atome im Gitter, welche aber bei höheren Temperaturen jedenfalls nicht völlig selbständig und unabhängig stattfinden, sondern ein gemeinsames Schwingen der Atome in chemischen Molekülen höchst wahrscheinlich sein muß (vgl. *Nernst*, Gött. Vortr. u. kinet. Theor. d. Materie 1913, 86). Für die Fortexistenz der chemischen Moleküle im Kristall sprechen außer der Theorie der festen Lösungen aber auch die Isomorphie, die Morphotropie und die Unveränderlichkeit der Zirkularpolarisation optisch aktiver Substanzen beim Umkristallisieren. Nach *Tammann* ist auch aus thermodynamischen Gründen zu schließen, daß bei der Kristallisation normaler Flüssigkeiten das Molekulargewicht sich nicht ändert.

21. K. Mieleitner, *Über Mineralklüfte im Fichtelgebirge* (S. 413—419).

Außer den bekannten Granitpegmatitdrusen des

Fichtelgebirges kommen ausgezeichnete Kristallisationen auch in basischen Eruptivgesteinen bzw. in den aus ihnen entstandenen kristallinen Schieferen auf Klüften vor.

Die Klüftminerale sind sämtlich durch laterale Sekretion, d. h. aus der Substanz des Nebengesteins entstanden. Nach Mineralführung und Genesis haben sie mit den alpinen Klüften die größte Ähnlichkeit. Pneumatolytische Mineralführung, die auch in den Alpen ziemlich selten ist, fehlt ihnen.

22. R. Scharizer, *Beiträge zur Kenntnis der chemischen Konstitution und der Genesis der natürlichen Eisensulfate*. XI. (S. 420—444.)

Der hexagonale *Metavoltin* kann als ein saures Salz der Ferrischwefelsäure $H_2[SO_4]_2 \cdot Fe(OH)_2$ aufgefaßt werden; im Maximum enthält er 5 Mol. Kristallwasser.

Das Verstreichen des Metavoltins beruht auf Abgabe des bis 60% weichen Wassers schon beim Liegen an der Luft. Der Metavoltin kristallisiert nur aus Lösungen, welche K_2SO_4 oder $Pb_2(SO_4)_3$ im Überschuß enthalten. In reinem wässrigen Lösung wird er hydrolytisch zerspalten; es entsteht zunächst K_2SO_4 und $[H(O)Fe]_2[SO_4]_2$, wiewohl letztere Verbindung weiter in Schwefelsäure und $H(O)_2Fe_2(SO_4)_3$ zerlegt wird.

23. W. Brandner, *Über Tarapacait* (S. 445—447).

Die Existenz des natürlichen *Kaliumchromates* als Tarapacait (nach *Raimondi*, 1878) im *Caliche* (chilenischen Rohsalpeter) wird bestätigt.

24. E. Reining, *Pegmatite und Pegmatitminerale in Südwesafrika* (S. 448—459).

Die weite Verbreitung der Pegmatite Deutsch-Südwestafrikas steht in innigem Zusammenhang mit den ausgedehnten *Granitintrusionen* in die gefalteten Schichtglieder der südafrikanischen *Präkambrion*. Diese ist in der Küstenregion stärker metamorph als im Innlande; während in dem Küstenstrich ausgedehnte Injektionsverbände bestehen, sind die Intrusionen im Innland vorwiegend stockartig. Die Pegmatitgänge selbst teilen sich nach ihren Mineralparagenesen in folgende meist sehr typisch entwickelte Einzelgruppen:

1. Zinnstein führende Pegmatite; 2. Kupfererzpegmatite; 3. Pegmatite mit *Schodit* und *Molybdäinglanz*; 4. Pegmatite mit *Tantal*, *Niob*, *Uran*, seltenen *Edeln*; 5. *Tarapacait*pegmatite; 6. Pegmatite mit *Beryll*, *Rosenquarz* und *Topas*; 7. *Phosphatpegmatite*.

25. A. Ehringhaus und H. Rose, *Über die Abhängigkeit der relativen Dispersion der Doppelbrechung vom Atomgewicht* (S. 460—477).

Aus sehr genauen Messungen der Brechungsindices (nach der Methode der Minimalablenkung) an $Rb_2S_2O_8$, $Cs_2S_2O_8$, $PbSO_4$, Zr_2SiO_7 , sowie der Dispersion der Doppelbrechung (nach der Streifenmethode mit einem Rowlandschen Gitterspektrographen) an $CaSO_4$, $SrSO_4$, $BaSO_4$, $PbSO_4$ in verschiedenen Orientierungen, ferner des *Phenaleits* und *Willmanns* ergibt sich, daß eine einfachere gesetzmäßige Änderung der reziproken relativen Dispersion der Doppelbrechung zwischen Kristallen von verwandter chemischer Zusammensetzung (Austausch von Kationelementen aus einer Gruppe des periodischen Systems) besteht als zwischen geometrisch ähnlichen oder gar isomorphen Kristallen. Es soll später untersucht werden, wie die reziproke relative Dispersion der Doppelbrechung sich ändert, wenn bei konstant gehaltenem Kationelement die Anionengruppe in entsprechender Weise variiert.

26. F. Haag, *Die regelmäßigen Planteilungen und Punktsysteme* (S. 478—489).

Ableitung der 24 *Sohnckeschen* Punktsysteme durch einfache Deckoperationen ebener Punktanordnungen folgender Systeme: 1. 2 rhomboidische Systeme; 2. 5 rhombische S.; 3. 7 rechteckige S.; 4. 6 trigonale (hexagonale) S.; 5. 4 quadratische S. Wenn nur die Form der Gebiete (bei *Schönflies* „Fundamentaltbereiche“ genannt) in Betracht gezogen wird, ist das paralleloide Sechseck die Grundform, aus der alle anderen als Spezialformen folgen, ausgenommen das antiparallele Sechseck, das (3.2)-Seit, ein hexagonales Fünfeck zweiter Art und das rechtwinklig-gleichschenklige Fünfeck. Durch jede dieser fünf Grundformen ist immer nur eine einzige Planteilung bestimmt.

27. P. Niggli, *Kristallisation und Morphologie des rhombischen Schwefels* (S. 490–521).

Zweck vorliegender Untersuchung ist die Ableitung der Regeln der Formenentwicklung für den rhombischen Schwefel. Die Morphologie des Schwefels wird beherrscht durch die Grundzone [110] und die Grundform {111}; aus diesen Elementen läßt sich die ganze Fülle der Erscheinungen qualitativ, ja bis zu einem gewissen Grade auch quantitativ ableiten. Man kann den Schwefel geradezu als ein Schulbeispiel für gesetzmäßige zonale Entwicklung betrachten. Statistische Studien der Formenhäufigkeit sind dann allein von Wert, wenn man genügend auseinanderhält: 1. die *reelle Häufigkeitszahl* für eine Form, z. B. auf alle beobachteten Kristalle prozentual bezogen, von einem bestimmten Fundort; 2. die „*Fundortspersistenz*“, d. h. die Beharrung einer Form in der Mannigfaltigkeit der verschiedenen Fundorte mit ihren verschiedenen Bildungsbedingungen; 3. die „*Kombinationspersistenz*“, d. h. die Beharrung verschiedener Verbandsverhältnisse einer Form mit verschiedenen anderen unabhängig davon, ob diese vielerorts beobachtet wurde oder nicht. Nach den verschiedenen Graden der Fundortspersistenz unterscheiden sich *Leitformen*, z. B. bei Schwefel {111}, {001}, {113}, {011}, von charakteristischen *Nebenleitformen*, *Spezialformen* und *Ergänzungsformen*, endlich den akzessorischen *individuellen Formen*. Die Hauptzone ist, wie schon erwähnt, [110]. Von der großen Fülle rein rechnerisch ableitbarer *Kombinationen* ist eine nur sehr beschränkte *Auswahl* verwirklicht; die statistische Betrachtung lehrt, daß mit zunehmender Formenmannigfaltigkeit zuerst zur Hauptzone die ersten beiden Nebenzonen [100] und [010] hinzukommen, später [130] und [310]. Die Fundortspersistenzen laufen innerhalb der Zonen mit den Gesamtkombinationspersistenzen parallel. Das *sukzessive Auftreten neuer Formen zu den alten, unter Ausbau der erstangelegten Zonen und gesetzmäßiger Bildung neuer Zonen*, ist somit ein mit großer Schärfe hervortretendes Gesetz der Morphologie des Schwefels und ein einziges Prinzip seiner Entwicklungstendenz. Zudem lassen sich die Nebenzonen aus der Hauptzone [110] und [110] durch *einfache Komplikation* ableiten. Die Gesetze der Flächenverteilung innerhalb der Zonen erhellen durch die vektorielle Darstellung der Flächennormalen zu (*h h l*) im Verhältnis zur Persistenz; nach den Fundortspersistenzen ordnen sich die Flächen in der Reihenfolge ihrer vektoriellen Ableitung aus den Einheitsflächen, was sich auch *strukturell* deuten läßt.

In Übereinstimmung mit den Anschauungen von Friedel läßt sich das Gitter des Schwefels am besten als *allseitig flächenzentriert* auffassen (unter Annahme des *Bravaischen* Gesetzes). Man kann dabei zunächst den Schwefel als *holoedrisch* auffassen; in bezug auf das Vorkommen hemiedrischer Formen bemerkt Niggli,

daß hier eine ähnliche Beziehung vorzuliegen scheint wie bei *Diamant*. In der Struktur des rhombischen Schwefels werden wohl fünf Untergruppen auftreten, und die Punkte dieser Symmetrie sind sicherlich wichtige Schwerpunktslagen; die Gesamtsymmetrie des Teilchenhaufens kann aber dennoch holoedrisch sein. Die Struktur ist vermutlich der des *Anatas* analog, welcher auch den *Diamanttypus* hat.

28. R. L. Parker, *Zur Kristallographie von Anatas und Rutil*. (I. Teil: *Morphologie des Anatas*.) (S. 522 bis 582.)

In gleicher Art wie in der vorhergehenden Arbeit werden die Persistenzwerte der Formen des *Anatas* bestimmt. Die tetragonalen Bipyramiden erster Stellung überwiegen nach diesen bei weitem alle anderen Formen; ihnen folgen diejenigen zweiter Stellung; die tetragonalen Bipyramiden haben niedrigste Persistenzen, hohe dagegen Basis und tetragonale Prismen erster und zweiter Stellung. [110] ist die stärksten entwickelte Zone; sie ist ihrem Wesen nach eine kontinuierliche Entwicklungszone mit räumlich gleichmäßiger Anordnung der persistentesten Formen. Eine zweite Entwicklungszone ist die weniger kontinuierliche [010], endlich die untergeordnete [551]. Die persistentesten Formen haben gerne *lauter ungerade Indices*, in geringerem Maße alsdann neben zwei ungeraden eine gerade Zahl oder 0. Unter den Kombinationen herrschen diejenigen des *pyramidalen* Typus vor. Indessen sind von den pyramidalen die *prismatischen* Kombinationsgruppen tatsächlich als besondere Kristallisationstypen verschieden. Der Grundkristallisationstyp der pyramidalen Typen ist {111} mit {001} oder {011}; in der prismatischen Reihe ist {110} die herrschende Form. Ihre Vorkommen sind Produkte von Wachstumsverhältnissen, welche eine vielseitigere Formenentwicklung zulassen als bei den pyramidalen Typen. Die Statistik der Formen nach Fundorten ergibt, daß, sobald eine Lagerstätte mehr als zwei Formen führt, irgendeiner der Kombinationstypen auftreten kann, ohne daß dem einen eine wesentlich größere Wahrscheinlichkeit zukäme als dem anderen. Eine regelmäßige Reihenfolge im Hinzutreten neuer Formen zu älteren läßt sich *nicht* feststellen.

Ein Studium des Habitus der *Anataskristalle* durch Analyse der Abbildungen in V. Goldschmidts Atlas ergibt, daß die *höchstpersistenten Formen auch am stärksten bei der Gestaltung des Habitus sich beteiligen*, vor allem also {111}, dann {010} und {001} usw. Der ideale Grundhabitus hat tonnenförmige oder kugelige, ausgesprochen isometrische Gestalt, was auf der Führung zahlreicher gleichwertig ausgebildeter Formen beruht; eine Kombination der „*doppeltprismatischen*“ Gruppe ist für den Typ in seiner neuen Ausbildung kennzeichnend. Außerordentlich wichtig ist die Analogie des *Anatasympus* mit dem des *Schwefels*, der auch die Zone [110] als Grundzone der Entwicklung führt; selbst ihre persistentesten Formen entsprechen einander. Nur in der Anordnung der Entwicklungszone zeigen sich grundlegende Unterschiede. Beim Schwefel sind die sekundären Entwicklungszonen von der Art [*uv 0*], bei *Anatas* [*uvw*], und dem Schwefel fehlt der für *Anatas* so kennzeichnende „*Formenkranz*“ um {001} herum. Es ist dies eine Folge des Gegensatzes zwischen dem di-atomaren Bau des *Anatas* und dem mono-atomaren des *Schwefels*. Die Selbständigkeit der Formen des *Anatas* steht zudem in hellem Kontrast zu der geradezu erstaunlichen Regelmäßigkeit, mit der sich beim Schwefel die einfachen Grundkombinationen ständig weiterentwickeln.

29. C. Viola, *Über bestimmte Mischkristalle* (S. 583 bis 595).

Nachweis, daß die Mischkristalle (Mg, Zn)SO₄ + 7 aq. nicht feste Lösungen im Sinne van't Hoff's sind, sondern vielmehr mechanisch-homogene Mischungen, bestehend aus regelmäßig abwechselnden ganz dünnen Teilchen. Es fragt sich nun, ob solche mechanischen Mischungen im Sinne der Gibbs'schen Phasenregel als einzige Phasen wie flüssige (und feste) Lösungen sich verhalten. Unterscheidet man zwischen Konglomeraten (besser wohl „Agglomeraten“, Ref.) und homogenen, genauer sehr innig-feinen Mischungen, so ist einleuchtend, daß die ersteren keine einheitliche Phase darstellen können. Die Mischkristalle obiger Art dagegen sollen sich einphasig verhalten, wofür ein thermodynamischer Beweis erbracht wird. Die Schlüsse von E. Sommerfeld (N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 13, 1900) betreffs der Totalenergie von festen Lösungen (Mischkristallen) kann Verf. nicht als zutreffend gelten lassen.

30. E. Artini, *Eine neue Minerallagerstätte im Serpentin von Antronapiana in der Val d'Ossola* (S. 590 bis 604).

In der den Hornblendeschiefern eingelagerten Serpentinmasse im Antronatal NO von Antronapiana finden sich Linsen von Granat- und Epidotfels mit Geoden und Lithoklasen, welche in Calcit eingelagert, folgende nach abnehmender Häufigkeit geordnete Mineralien enthalten:

Epidot, Pyroxen, Granat, Chlorit, Magnetit, Titanit, Pyrit, Zirkon.

31. W. Barlow, *Raumteilung in enantiomorphe Polyeder*. Eine erschöpfende Raumteilung in ähnliche, ebenflächig begrenzte Zellen zweier in gleicher Zahl auftretender enantiomorpher Formen. Die gebildeten Zellen haben 13 Flächen und das gebildete unendlich ausgedehnte System besitzt kubisch-hemiedrische Symmetrie (S. 605—628).

Schon 1894 (Zeitschr. f. Krist. 23 und 25) machte Verf. auf eine lückenlose Raumteilung in gleichartige Zellen desselben Mustars, aber wechselnder Orientierung aufmerksam, und 1914 wies er auf die Möglichkeit einer den Raum erfüllenden Polyedereinteilung hin, wobei eine jede Zelle von 13 Flächen begrenzt ist (s. Proceed. Roy. Soc. Lond. 1914 A, 91). In vorliegender Mitteilung wird eine Methode beschrieben, diese Raumteilung zu erhalten. Es wird im einzelnen dargestellt die Konstruktion der polyedrischen Zellen sowie die Ermittlung ihrer Gesamtform und relative Di-

mensionierung. Dazu ist erforderlich die Konstruktion der Koordinaten eines ausgewählten Punktes des Systems sowie der 13 ihm unmittelbar benachbarten Punkte, ferner der Koordinaten der Schnittpunkte der Polyederflächen eines einzelnen Polyeders, die Bestimmung der Länge der Kanten der polyedrischen Zelle und der Konstruktion der Umrisse der Polyederflächen. Diese Flächen kann man durch eine einfache Netzkonstruktion in ihrem gegenseitigen Verbands darstellen, wenn man sie, an einer Kante jeweils miteinander verbunden, um diese als Scharnier in eine gleiche Ebene ausbreitet.

Im Spezialfall der KCl-Struktur wird diese Raumteilung dargelegt.

32. F. Rinne, H. Hentschel und J. Leqhardt, *Über feinbauliche Versuche zur Konstruktion des Natriumhydrofluorids unter Verwendung der Atombereiche und über die röntgenographische Erforschung dieser Verbindung* (S. 629—640).

In Analogie zum Cäsiumdichlorjodid, dessen rhomboedrisches Gitter von F. Rinne in Übereinstimmung mit Wyckoffs röntgenographischen Bestimmungen aus den Atombereichen abgeleitet worden war, findet man für das trigonale Salz NaHF₂ eine gleichfalls rhomboedrische Anordnung der Atome. Die trigonalen Elementarzellen beider Körper stehen zueinander im Verhältnis zweier Rhomboeder, und zwar ist das von NaHF₂ von dem von CsJCl₂ gerade abgestumpft, sie verhalten sich also wie die Formen {0221} = {111} zu {1011} = {100}. Beide Rhomboeder lassen sich als deformierte Würfel auffassen, in welchen die Struktur von Na- und Cs-Metall uns begegnet, nur daß an Stelle des zentralen Alkalimetallatoms nunmehr die in der trigonalen Hauptachse linear zentrosymmetrisch angeordnete Baugruppe FHF₂ bzw. ClJCl eintritt. Röntgenographische Aufnahmen nach der Debye-Scherrer'schen Methode (an mit NaF₂ verunreinigtem Material) ergaben als mögliche Strukturen

\mathcal{G}_3^2 ; \mathcal{G}_{30}^2 , beide unwahrscheinlich. Ferner \mathcal{G}_{31}^2 ; \mathcal{D}_{3d}^2 oder \mathcal{D}_{3d}^2 .

Gegen \mathcal{G}_3^2 spricht der rhomboedrische Typus, gegen \mathcal{G}_{30}^2 die zentrosymmetrische Gruppe FHF₂. Als Koordinaten resultieren: für Na: [000]; für H: $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \end{smallmatrix}\right]$; für F₂: $\left[\begin{smallmatrix} 5 & 5 & 5 \\ 12 & 12 & 12 \end{smallmatrix}\right]$ und $\left[\begin{smallmatrix} 7 & 7 & 7 \\ 12 & 12 & 12 \end{smallmatrix}\right]$. Der Pol-

kantenwinkel wird $\alpha = 39^\circ 44'$; Kantenlänge 5.17 Å. E.

W. Eitel.

Besprechungen.

Stempell, W., und A. Koch, *Elemente der Tierphysiologie*. Ein Hilfsbuch für Vorlesungen und praktische Übungen an Universitäten und höheren Schulen sowie zum Selbststudium für Zoologen und Mediziner. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Jena, G. Fischer, 1923. XXX, 762 S. Preis Gz. geh. 10; geb. 12.

Während in der Botanik der Physiologie schon lange die ihr gebührende Stellung eingeräumt wurde, befaßte sich die Zoologie bis in die neueste Zeit vorwiegend mit morphologischen Problemen. Nach einer Periode rein morphologischer Forschung gewann die in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aufkommende kausale Morphologie, die „Entwicklungsmechanik“, mehr und mehr das Interesse der Zoologen für die Reizerscheinungen und ihre Beziehungen zum Aufbau des tierischen Organismus, bis

dann erst in diesem Jahrhundert und vorwiegend in allerjüngster Zeit die Beziehungen der Tiere zur Umwelt, die Sinnesphysiologie und überhaupt die vergleichende Physiologie in vollem Umfang auch von zoologischer Seite in Angriff genommen wurde. So kommt es, daß unsere gebräuchlichsten zoologischen Lehrbücher fast nur morphologische und diejenigen physiologischen Probleme behandeln, die irgendwie in Beziehung zur tierischen Formbildung stehen, während die rein physiologische Seite der Zoologie in ihnen eine nur untergeordnete Rolle spielt. Insbesondere vermißt der Studierende meist bei der anatomischen Beschreibung der tierischen Organe einen Hinweis auf ihre Funktion, wodurch ihm sehr wesentlich das Verstehen des Ganzen erschwert wird. Ebenso sind die zoologischen Praktika unserer Universitäten fast nur auf das Studium des toten Tieres eingestellt,

während das lebende Tier, das *vor* dessen Verstehen doch das Ziel aller Zoologie sein sollte, meist nur als Lieferant seines Leichnams in Betracht gezogen wird.

So ist es denn außerordentlich zu begrüßen, wenn wir nunmehr in den jetzt in zweiter erweiterter Auflage erschienenen „Elementen der Tierphysiologie“ von *Stempel* und *Koch* ein Buch besitzen, das durchaus geeignet ist, an einer neuzeitlichen Reform des zoologischen Unterrichts nicht geringen Anteil zu nehmen. Es ist auch in erster Linie für diesen Zweck gedacht, wie schon sein Untertitel (s. o.) zeigt. Die beiden Verfasser haben den Begriff Tierphysiologie möglichst weit gefaßt und neben dem zünftig Physiologischen im engeren Sinne auch Vererbung, Entwicklungsmechanik und ähnliches, wenn auch teilweise nur streifend, in ihr Buch aufgenommen. Diese weite Fassung ist ja vom zoologischen Standpunkt aus beinahe selbstverständlich, birgt aber auch gleichzeitig große Schwierigkeiten für die Bewältigung des ungeheuren Materials in sich. So dürfte wohl manchem das Zusammendrängen so heterogener Gebiete wie z. B. im 15. Kapitel, wo unter der Überschrift: „Energiewechsel und Formwechsel der Metazoen: Raumorientierung, Tonproduktion, Lichtproduktion, Mitteilungsvermögen, Fortpflanzung, Entwicklung, Lebensdauer, Altern und Tod“ zusammengefaßt sind, etwas reichlich erscheinen. Es wäre wohl vorteilhafter, wenn hier einzelnes getrennt und dann ausführlicher behandelt würde, wofür dann vielleicht manches (z. B. Augenspiegelversuche, Pulsfrequenzversuche und dergleichen), was der Student auch im medizinisch-physiologischen Institut lernen kann, in Wegfall kommen könnte. Nach Meinung des Ref. wäre es angebracht, wenn der zoologisch-physiologische Unterricht vor allem das spezifisch Zoologische bringen würde, was außerhalb des Rahmens des medizinisch-physiologischen Unterrichts fällt, natürlich nur, weil bei der Fülle des Materials Beschränkung unvermeidlich ist, und nicht etwa, weil das eine für den Zoologen unwichtiger wäre als das andere.

Das Buch ist in 15 Kapitel eingeteilt, von denen jedes in einen theoretischen und einen praktischen Teil geschieden ist. Die im praktischen Teil ausgezeichnet beschriebenen Versuche erhärten das im theoretischen Teil Gesagte und sind meist nochmals zur näheren Erläuterung mit theoretischen Anmerkungen versehen. So wird dem Anfänger in vorzüglicher Weise das Verständnis für die vorliegenden Probleme eröffnet. Nach einleitenden Ausführungen über die allgemeinen Eigenschaften der lebenden Substanz und über die notwendigen praktischen Voraussetzungen für physiologische Übungen (Organisation der Kurse, Materialbeschaffung, Aufbewahrung desselben usw.) wird in den drei ersten Kapiteln die Physiologie der Protozoen behandelt. Unter anderem wird hier der Leser mit Versuchen über die Tropismen und sonstigen Reaktionen der Protozoen bekanntgemacht, er lernt die Bütschli-Quinckeschen Versuche mit Olseifenschäumen über amöboide Bewegungen und über die Wabenstruktur des Protoplasmas, die Rumbler'schen Modelle der Nahrungsaufnahme bei Amöben und dergl. kennen, Dinge, mit denen wohl bisher meist der Student nur durch mehr oder min-

der kurze Bemerkungen in den Vorlesungen bekannt wurde. Zwei weitere Kapitel bringen die stoffliche Zusammensetzung der Tiere, wobei wieder gut ausgewählte Versuche den Leser mit den wichtigsten chemischen Verbindungen und Reaktionen in der Organismenwelt bekannt machen. Es folgen fünf Kapitel über den Stoffwechsel, in denen auch durch zahlreiche Versuche die Wirkungen der Verdauungssäfte, des Blutes usw. bei verschiedenen Tiergruppen gezeigt werden. Die letzten fünf Kapitel behandeln den Energiewechsel. Besonders hier lehren die Versuche den Studierenden die Beobachtung des lebenden Tieres. So leiten viele Versuche zur genauen Beobachtung der Bewegung (Regenwurm, Blutegel, Weinbergschnecke, Krebse, Seestern, Fische, Schlangen usw.) und des Fluges (Mechanik des Vogel- und Insektenflügels) an, sie zeigen die Wirkung der peripheren und zentralen Sinnesorgane auf das Verhalten der Tiere, demonstrieren den Einfluß des Lichtes, der Schwerkraft auf die Bewegungen und anderes mehr. Die Fülle des herangezogenen Materials verbietet das nähere Eingehen auf Einzelheiten. —

Im ganzen: Dem Anfänger gibt das Buch einen vortrefflichen Überblick über die Probleme der Tierphysiologie und die Grundlage zu weiterem Studium dieser Gebiete. Daneben ist es geeignet, Interesse für die Sache zu wecken, und es wird bei Benutzung im zoologischen Unterricht dem Studierenden das volle Verständnis für Bau und Funktion des Tierkörpers ermöglichen. *K. Baldus, Heidelberg.*

Tigerstedt, Robert, Die Physiologie des Kreislaufs.

Zweite stark vermehrte und verbesserte Auflage, 3. Band. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1922. 320 S. und 134 Abbildungen. Preis Gz. 13.

In dem dritten Bande des schon zweimal besprochenen Werkes kommen alle Vorzüge, welche *Tigerstedt* als Autor besitzt, in hellster Weise zur Geltung. Dieser Band enthält die Strömung des Blutes im großen Kreislauf. Die Aufgabe, schwierige physikalische Lehren und Methoden streng wissenschaftlich und dabei allgemein verständlich für den medizinischen Leserkreis darzustellen, ist in diesem Bande glänzend gelöst. Eine Fülle von Material, zerstreut über ein sehr weites literarisches Gebiet, da ja Theoretiker wie Praktiker ein gleiches Interesse an den Kreislaufsfragen nehmen, war zu verarbeiten. Auch in der Auswahl und umsichtigen Kritik zeigt *Tigerstedt* seine gewohnte Meisterschaft. *Leon Asher, Bern.*

Oppenheimer, C., Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. 2. Aufl., 1. Liefg. Jena, Gustav Fischer, 1923.

Mit der vorliegenden Lieferung beginnt die 2. Auflage des bekannten Oppenheimerschen Handbuches. Sie enthält die Erörterung der chemischen Bestandteile der tierischen Substanz. — Wir behalten uns vor, auf das Werk nach Abschluß der jeweiligen Bände zurückkommen. Diese Anzeige soll nur die auf dem Gebiete der Biochemie Tätigen auf das Werk aufmerksam machen, das gerade die schwer zugängliche Literatur der letzten 10 Jahre zusammenfassend verarbeitet. *P. Rona, Berlin.*

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Bemerkung zur Theorie der Merkurperihelverschiebung.

In der antirelativistischen Literatur ist bereits öfters die irrtümliche Meinung aufgetaucht, daß die be-

kannte Einsteinsche Ableitung der Perihelverschiebung des Merkurs keine eindeutig notwendige Folgerung der Relativitätstheorie sei. Wohl kann nicht bezweifelt werden, daß das Schwarzschild'sche Linienelement die

allgemeinste Lösung des Einkörperproblems darstellt. Aber — so sagt man — die Schwarzschild'schen Koordinaten, die aus formalen Zweckmäßigkeitsgründen gewählt werden, sind nicht die einzig möglichen und die Einführung anderer Koordinaten verändert auch den Ausdruck für die Perihelverschiebung. So hat *Painlevé* auf die Transformierbarkeit des Radiusvektors hingewiesen, während *Gullstrand* auch die Transformation der Zeitkoordinate ins Auge faßte, obwohl in Wirklichkeit das letztere auf die Form der Bahn, auf die es hier ankommt, keinen Einfluß ausübt. In einer kürzlich erschienenen Annalenarbeit¹⁾ werden nun diese Bedenken von neuem erhoben, anscheinend ohne Kenntnis der bereits vorhandenen Literatur. Es wird vielleicht nicht überflüssig sein, den hier vorliegenden Irrtum aufzuklären, um so weniger, da, so viel mir bekannt ist, auch die Fachliteratur diesen Punkt mit Stillschweigen zu übergehen pflegt. Es handelt sich um eine Verwechslung zwischen dem tatsächlichen Weltraum von nicht-euklidischer Beschaffenheit und dem rein euklidischen Abbildungsraum der Astronomie.

Dieser Abbildungsraum kommt folgendermaßen zustande: Von einem leuchtenden Punkt der Welt trifft ein schmales Bündel von Lichtstrahlen am Beobachtungsort des Astronomen ein. Wir verlängern die Richtung dieser Strahlen nach rein euklidischen Prinzipien in Form von geraden Linien, und verlegen den Ort des leuchtenden Punktes dorthin, wo diese Geraden sich schneiden. Den so konstruierten euklidischen Raum können wir dann noch durch die Zeitkoordinate ergänzt zum vierdimensionalen Weltraum der speziellen Relativitätstheorie ausbauen. Auf diese Weise kommt von Punkt zu Punkt eine Abbildung einer ursprünglich nicht euklidischen Mannigfaltigkeit auf eine rein euklidische Welt zustande. Diese Abbildung braucht dem Original gar nicht ähnlich zu sehen — sie ist es auch nicht. Denn die Weltlinien der Planeten sind z. B. im ursprünglichen Weltraum geodätische Linien, was den Geraden der euklidischen Metrik entsprechen würde. In der Abbildung sind aber die Planetenbahnen Ellipsen — also nichts weniger als gerade Linien. Ja, eine Abbildung nach diesen Prinzipien braucht im allgemeinen nicht einmal möglich zu sein, denn es ist nicht gesagt, daß die geradlinige Verlängerung der die Abbildung bewirkenden Lichtstrahlen einen gemeinsamen Schnittpunkt ergeben müssen. Für den tatsächlichen Weltraum aber, dessen Metrik nur äußerst wenig von der euklidischen abweicht, ist diese Voraussetzung erfüllt.

Bei der Beschreibung des Weltraumes der Relativitätstheorie können wir natürlich beliebige krummlinige Koordinaten in Anwendung bringen — im astronomischen Bildraum werden wir naturgemäß rechtwinklige Koordinaten oder Polarkoordinaten ansetzen, die bis auf eine Drehung des Achsenkreuzes eindeutig festgelegt sind. In diesen jeder Willkür entzogenen Koordinaten muß auch die Perihelverschiebung der Planetenbahnen berechnet werden, da jeder astronomischen Beobachtung dieser Bildraum zu Grunde gelegt ist. Nun zeigt sich aber, daß die Schwarzschild'schen Koordinaten mit den astronomischen praktisch identisch sind. Denn die Lichtbahn ist in den Schwarzschild'schen Koordinaten praktisch eine gerade Linie, besser gesagt die tatsächlich vorhandene Krümmung so minimal, daß sie bei der Feststellung der Planetenörter außerhalb der Meßgrenzen

liegt. So kann also die Perihelpräzession mit vollem Recht aus dem Schwarzschild'schen Linienelement berechnet werden.

Daß die Schwarzschild'schen Koordinaten, die sich ja aus rein mathematischen Gründen als die einfachsten darbieten, mit den astronomischen übereinstimmen, ist nicht als ein wunderbarer Zufall zu betrachten, sondern lediglich dem Umstand zu verdanken, daß die wirklich bestehenden Unterschiede unserer derzeitigen Meßgenauigkeit unzugänglich sind. Auch andere Koordinatensysteme können dieselben Dienste leisten. So z. B. das von mir als „Normalkoordinatensystem“ vorgeschlagene System. Desgl. auch das orthogonale System, welches dadurch ausgezeichnet ist, daß in ihm alle gemischten Komponenten des Maßtensors in Wegfall kommen. Alle diese formal ganz verschiedenen Systeme sind praktisch gleichwertig, da sie sich in Größen unterscheiden, die selbst bei der hohen Präzision der astronomischen Messungen innerhalb der Beobachtungsfehler liegen. Alle diese Systeme liefern darum auch dieselbe Perihelverschiebung — abgesehen von Größen zweiter Ordnung, die ja auch bei der Einsteinschen Ableitung vernachlässigt werden.

Die Perihelpräzession des Merkurs ist also genau so als eine unwillkürliche und zwingende Folgerung der Einsteinschen Gravitationstheorie anzusehen, wie etwa die Rotverschiebung der Spektrallinien oder die Krümmung der Lichtstrahlen im Gravitationsfeld der Sonne.

Freiburg i. B., den 1. Oktober 1923.

Kornel Lanczos.

Der Hai.

Zu dem Artikel von *H. Braus*, über den Hai, in Nr. 37, möchte ich einige Zusätze machen. Auch die in der Nordsee vorkommenden Haie werden von den deutschen Fischdampfern in beträchtlichen Mengen gefangen und an den Markt gebracht. So fingen wir, als ich vor Jahren mit einem Fischdampfer fuhr, einmal im Kattegat vor Fredrikshavn an einem Tage über 1800 Pfund Haie, *Acanthias* und *Galeus*, die alle für den Altonaer Fischmarkt mitgenommen wurden. Besonders unter den *Galeus* waren recht stattliche Exemplare. Allenfalls werden die Nordseehaie nicht unter diesem Namen in den Handel gebracht. Die kleineren, vor allem kleine Exemplare von *Acanthias*, dem Dornhai und die *Scyllii* (Katzenhaie) gehen unter dem Namen „Seeaal“. Dieser Name gebührt eigentlich einem anderen Tier, einem richtigen Aal, aus der Gattung *Conger*, der aber anscheinend nicht in größeren Mengen auf unsere Märkte kommt, jedoch ein sehr schmackhaftes Fleisch besitzt. Die Haie werden zum Teil in Stücke zerschnitten, geräuchert. Schon als Student habe ich solchen „Seeaal“ in einer Jenaer Fischhandlung gesehen (der Querschnitt eines Haies ist unverkennbar). Zum Verbrauch als frischer Fisch werden die Tiere abgehäutet und die Rücken- und Schwanzflossen abgeschnitten, wahrscheinlich weil sie sonst gar zu „aalwüdrig“ aussehen würden. Ich habe noch in diesem Sommer hunderte solcher teils hergerichteter, teils in Bearbeitung befindlicher *Acanthias* in der Altonaer Fischhalle gesehen. Sie werden meist in sauren Zubereitungen, mariniert oder in Aspik gegessen. Was mit den großen Exemplaren, die sich nicht als Aal herrichten lassen, geschieht, weiß ich nicht. Jedoch wurde vor einigen Jahren einmal in einer Fischhandlung des Berliner Westens zu einem ziemlich teuren Preise ein „Thunfisch“ im Querschnitt verkauft. Das Stück, das ich zu sehen bekam, stammte von einem Hai, wahrscheinlich einem

¹⁾ S. G. v. Gleich, Die allgemeine Relativitätstheorie und das Merkurperihel. Ann. d. Phys. 72, S. 221, 1923.

Galeus. Das Fleisch der Haie ist nicht nach jedermanns Geschmack, es hat einen unverkennbaren und nicht sehr appetitlichen Geruch, der ein wenig an Raubtierkadaver, Katzen oder ähnliches erinnert und auch dem ganz frischen Tier beim Schlachten eigentümlich ist.

Gießen, den 3. Oktober 1923. H. Petersen.

Neue morphologische und biologische Untersuchungen an Spinnen.

In zwei Arbeiten, die im Archiv für Naturgeschichte erscheinen sollen, sind Beobachtungen biologischer und Untersuchungen morphologischer Natur niedergelegt, die von 1921—1922 angestellt wurden. Da das Erscheinen dieser Arbeiten sich immer wieder verzögert, sollen hier kurz die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammengestellt und auch die des letzten Sommers (1923) hinzugefügt werden (bezeichnet mit 1923).

An morphologischem Material wurden Taster männlicher Spinnen aus den verschiedensten, auch exotischen Familien¹⁾ eingehend untersucht, beschrieben und abgebildet. Eine Vergleichung zeigt, daß die Homologisierung der Bulbi unter sich leicht, die der einzelnen Teile komplizierterer Bulbi (so besonders des Konduktors) schwierig ist. Die Haupteinteilung der Taster, wie sie von mir 1921²⁾ gegeben worden ist, wird beibehalten, aber im einzelnen fester begründet und weiter ausgeführt. Die Bedeutung der Sexualorgane für die Systematik der Araneen wird eingehend erörtert.

Die biologischen Beobachtungen erstrecken sich nicht nur auf die Sexualhandlungen der Spinnen, sondern es werden, besonders bei weniger bekannten Formen (Dysderiden, Uloboriden usw.), nach Möglichkeit Angaben über Netzbau und sonstiges ökologisches Verhalten gemacht.

Die Begattung wurde beobachtet bei Angehörigen der folgenden Familien (* bedeutet, daß die Beschreibung für die betreffende Kategorie zum ersten Male geschieht):

I. *Dysderidae*: 1. *Dysdera erythrina* Walck. 2. * *Harpactes hombergi* Scop. II. *Pholeidae*: 3. * *Hoplopholcus forskali*. III. *Drassidae*: 4. * *Drassus lapidicola* Walck. 5. * *Zelotes erubea* Thor. IV. *Clubionidae*: 6. * *Clubiona germanica* Thor. 7. * *Cl. terrestris* Westr. 8. * *Cl. pallidula* Cl. (1923). V. *Thomisidae*: 9. * *Tibellus oblongus* Cl. 10. * *Philodromus aureolus* Cl. 11. * *Ph. dispar* Thor. 12. * *Artanes fuscumarginatus* de Geer. 13. * *Xysticus viaticus* L. 14. * *X. Canio* C. L. K. 15. *Misumena calycina* L. (vaticia Cl.). VI. *Salticidae*: 16. *Marpissa muscosa* C. L. K. 17. (1923) *Ergane falcata* Cl. 18. (1923). VII. *Lycosidae*: 19. *Lycosa amentata* Cl. VIII. *Pisauridae*: 20. *Pisaura mirabilis* Cl. IX. *Dictynidae*: 21. *Dictyna uncinata* Thor. X. * *Amaurobiidae*: 22. * *Amaurobius ferox* C. L. K. 23. * *A. fenestralis* Ström. XI. * *Uloboridae*: 24. *Hyptiotes paradoxus* C. L. K. 25. * *Uloborus walckenaerius* Latr. XII. *Araneidae*: 26. * *Aranea cucurbitina* Cl. 27. * *Cyclosa conica* Pall. 28. (1923) *Argiope bruennichi* Scop. XIII. *Micryphantidae*: 29. * *Erigone longipalpis* Sund. 30. * *Gongylidium rufipes* L. 31. * *Gonatium isabellinum* C. L. K. 32. (1923) *Lophomma* sp. (?). XIV. *Linyphiidae*: 33. * *Leptyphantus nebulosus* Sund. XV. *Theridiidae*: 34. *Steatoda bipunctata* L. 35. *Theridium tepidariorum*

C. L. K. 36. *Th. formosum* Cl. 37. * *Th. varians* Bl. 38. (1923) * *Th. bimaculatum* L. XVI. *Tetragnathidae*: 39. * *Tetragnatha salandrii* Scop. 40. * *Pachygnatha clercki* Sund. 41. * *P. de geeri* Cl.

Die Tasterfüllung des Männchens wurde beobachtet bei folgenden Arten:

I. * *Dysderidae*: 1. * *Segestria senoculata* L. II. * *Pholeidae*: 2. * *Pholcus opilionoides* Schr. 3. * *Hoplopholcus forskali* Thor. III. *Drassidae*: 4. * *Drassus lapidicola*. IV. *Clubionidae*: 5. * *Clubiona pallidula* Cl. V. *Pisauridae*: 6. *Pisaura mirabilis* Cl. VI. * *Thomisidae*: 7. * *Artanes fuscumarginatus* de G. 8. * *Xysticus viaticus* L. 9. * *Misumena calycina* L. VII. *Dictynidae*: 10. *Dictyna arundinacea* L. 11. * *D. uncinata* Th. 12. * *D. viridissima* Walck. VIII. *Theridiidae*: 13. *Theridium tepidariorum* C. L. K. 14. * *Th. varians* Bl. 15. (1923) * *Th. bimaculatum* L. 16. * *Steatoda bipunctata* L. IX. * *Mimetidae*: 17. * *Ero furcata* Wid. R. X. * *Micryphantidae*: 18. * *Erigone longipalpis* Sund. 19. * *Gongylidium rufipes* L. XI. *Linyphiidae*: 20. * *Labulla thoracica* Wid. R. 21. * *Leptyphantus nebulosus* Sund. XII. * *Araneidae*: 22. * *Aranea diademata* Cl. 23. * *A. cucurbitina* Cl. 24. * *Zilla atrica* Mg. XIII. * *Uloboridae*: 25. * *Hyptiotes paradoxus* C. L. K. 26. * *Uloborus walckenaerius* Latr. XIV. * *Tetragnathidae*: 27. * *Tetragnatha extensa* Cl. 28. * *T. extensa* Cl. 29. * *Pachygnatha listeri*.

Insgesamt wurde bisher von mir die Begattung bei 68, die Tasterfüllung des Männchens bei 36 Arten beobachtet. Von neuen Ergebnissen sei folgendes hervorgehoben: I. *Kopulation*: 1. Alle beobachteten Entelogyen (also auch *Misumena* und *Theridium tepidariorum* entgegen den Angaben *Montgomerys*) inserieren bei der Begattung nur einen Taster zugleich, während die beobachteten *Pholciden* und *Dysderiden* sämtlich Simultaninsektion anwenden. 2. Überall, wo nur ein Taster angewandt wird, wird er, gleichgültig wie die Begattungsstellung sei, in die gleichnamige Samentasche des Weibchens inseriert. Bei *Pholciden* findet keine Kreuzung der beiden eingeführten Taster statt, vielleicht im Innern des weiblichen Apparates bei *Segestria*, nicht bei *Harpactes* und *Dysdera*. 3. Die Stellung bei der Begattung des *Thomisiden* erweist sich als ableitbar (*Tibellus* — *Philodromus* — *Xysticus*) von der der übrigen Laufspinnen. Die *Xysticismännchen* umspinnen das starr gewordene Weibchen vor der Begattung von dessen Rücken aus mit Fäden. 4. Die neu beobachteten *Araneiden* schließen sich dem Typus *Aranea diademata* an, *Argiope* (1923) weist Besonderheiten auf, die sich im Ort der Begattung (in der Mitte des Netzes bei Fehlen eines besonderen Begattungsfadens) und daraus resultierender abweichender Stellung äußert. Bei *Hyptiotes* und mehr noch bei *Uloborus* besteht große Übereinstimmung im Ablauf der Werbung und Begattung mit den *Araneiden*, während die *Micryphantiden* teilweise große Übereinstimmung mit den sich absolut einheitlich verhaltenden *Linyphiiden* zeigen. Die andernorts geschilderte (Zoologentag 1921) Werbung von *Pisaura* wird eingehender analysiert.

II. *Spermaaufnahme des Männchens*. Über die neuen Ergebnisse berichtet zusammenfassend der Artikel „Aus dem Geschlechtsleben der Spinnen“ in Nr. 42 dieser Zeitschrift.

Breslau, den 11. Oktober 1923. Ulrich Gerhardt.

Berichtigung.

Zur Besprechung des Buches: Das Kali von Paul Krusche in Heft 39. Am Ende der Besprechung muß es heißen: K. Kubierschky, Rittergut Froschgrün (Post Naila) — nicht: Eisenach.

¹⁾ Herr Professor Dahl und Herr Dr. Hesse haben mir in dankenswertester Weise Berliner Material zugänglich gemacht.

²⁾ Gerhardt, Vergleichende Studien über die Morphologie des männlichen Tasters und die Kopulation der Spinnen. Arch. f. Naturgesch. 87, 1921, S. 78.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von H. BRAUS in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 46. (Seite 913—928.)

16. November 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die epidemische Encephalitis. Von *Felix Stern*,
Göttingen. S. 913.

Der gegenwärtige Stand der geologischen For-
schung: Historische Geologie. Von *E. Wepfer*,
Freiburg i. B. S. 918.

Besprechungen:

Bräuer, Adolf, und J. d'Ans. Fortschritte in der
anorganisch-chemischen Industrie an der Hand

der Deutschen Reichspatente. 1. Band, 1.-3. Teil.
Von *F. Haber*, *Berlin-Dahlem*. S. 926.

Aston, F. W., Isotope. Von *Fritz Paneth*, *Berlin*.
S. 926.

Wien. W., Goethe und die Physik. Von *Arn. Ber-
liner*, *Berlin*. S. 928.

Geologisches Archiv. Von *S. v. Bubnoff*, *Breslau*.
S. 928.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Isostasie und Schweremessung

Ihre Bedeutung für geologische Vorgänge

von

Dr. A. Born

a. o. Professor der Geologie an der Universität Frankfurt a/M.

Mit 31 Abbildungen. (IV, 160 S.)

9 Goldmark / Für das Ausland 2,20 Dollar

Inhaltsübersicht:

Die Lehre von der Isostasie — Die Voraussetzungen — Die Schweremessung —
Der heutige Gleichgewichtszustand der Erdkruste — Pseudo-Anisostasien — Theo-
retische Erörterungen zum Ablauf isostatischer Vorgänge — Isostasie und Oro-
genese — Diluviale Vereisung und Isostasie — Sedimentation und Abtragung —
Die ozeanischen Vulkaninseln — Isostasie und Erdbeben — Lokale und regionale
Kompensation — Isostasie und Großformen der Erde — Nachtrag.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark.

Einzelnummer 0,80 Goldmark zuzüglich Porto.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen 1/1 S. 90 Goldmark. Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten { für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

An unsere Postbezieher.

Das von der Reichspost für den Monat Oktober 1923 durchgeführte neue Verfahren der Berechnung des Zeitungsbezugsgeldes hat sich leider für den Verlag als ein Schutzmittel gegen Verluste nicht erwiesen!

Für die Berechnung des Bezugspreises für November mußte gemäß den Bestimmungen der Reichspostverwaltung bereits am 15. Oktober seitens des Börsenvereins der deutschen Buchhändler eine Schlüsselzahl bestimmt werden. Diese Schlüsselzahl (1.700.000.000), mit der für

„Die Naturwissenschaften“

festgesetzten Grundzahl 2,5 multipliziert, sollte dem Verlag 2,50 Goldmark bringen.

Die Einziehung des Bezugspreises erfolgte in der letzten Woche des Oktober bei einem Mittelkurs von 38,461.700.000, so daß seitens der Bezieher effektiv nur **46 Goldpfennig** entrichtet wurden.

Die Abführung dieser Beträge an den Verlag erfolgte in Teilzahlungen erst um den 30. Oktober. Der Verlag erhielt somit nur **28 Goldpfennig**.

Im Interesse des Fortbestehens der „Naturwissenschaften“ werden daher die Postabonnenten gebeten, die ihnen in den nächsten Tagen von ihrem Postamte vorgelegte Nachnahme von M. 2 Billionen 300 Milliarden einzulösen.

Nur sofortige Zahlung schützt den Verlag vor weiterer Entwertung der geforderten Papiermarksumme und macht eine Fortführung der Fachpresse möglich.

Postabonnenten, die diese Nachzahlung nicht leisten, kann nach den Bestimmungen der Postverwaltung die weitere Lieferung der Zeitschrift sofort gesperrt werden.

Berlin W 9, Mitte November 1923.

Linkstraße 23/24.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer.

Die epidemische Encephalitis.

Von Felix Stern, Göttingen.

Zu den beiden uns bisher bekannten in Europa vorkommenden epidemischen Seuchen des Zentralnervensystems, der epidemischen Genickstarre und der akuten Poliomyelitis oder spinalen Kinderlähmung, ist seit einigen Jahren eine dritte hinzugekommen, welche wegen ihrer Häufigkeit, der geographisch unbegrenzten Ausdehnung über den ganzen Erdball und ihrer — namentlich hinsichtlich ihrer Dauererscheinungen — oft verhängnisvollen Bedeutung für den Organismus das Interesse der Forschung in hervorragendem Maße gefesselt und zu einer schon unübersehbaren Flut von Arbeiten geführt hat: die epidemische Gehirnentzündung oder epidemische Encephalitis. Es handelt sich allerdings um keine neue Krankheit. Denn rückschauend können wir jetzt aus früheren verschwommenen Berichten den Schluß ziehen, daß jedenfalls vom Ausgange des Mittelalters, etwa vom 17. Jahrhundert an, Epidemien der gleichen Krankheit an umschriebenen Stellen Europas beobachtet wurden. Aber erst die letzte Epidemie hat uns wissenschaftlich verwertbare Aufschlüsse über das eigentliche Wesen der Krankheit, ihre klinische Symptomatologie und anatomischen Merkmale gebracht, und es ist das besondere Verdienst des Wiener Forschers *Economo*, durch seine gründlichen Untersuchungen der ersten Wiener Epidemie des Jahres 1917 den nosologisch einheitlichen Kern der Krankheit erfaßt und das Fundament gelegt zu haben, auf dem sich die Weiterforschung aufbauen konnte.

Diese Forschung ist nun noch völlig im Fluß. Einigermassen abgeschlossen ist nur die deskriptive Erkenntnis der klinischen und anatomischen Krankheitsmerkmale, die hier nur ganz summarisch zusammengefaßt werden sollen.

Klinisch ist uns bekannt, daß die Encephalitis oft erst nach leichten grippeartigen Prodromalerscheinungen mit Gehirnsymptomen beginnt, unter denen neben Augenmuskel- und anderen Hirnlähmungen vor allem eine mitunter monatelang dauernde unüberwindbare Schlafsucht auf fällt, die von den bei anderen Hirnkrankheiten auftretenden Benommenheitszuständen prinzipiell abgetrennt werden kann und in den ersten Epidemien ein so hervorragendes Merkmal war, daß sie *Economo* die Veranlassung zur Namensprägung der Krankheit als Encephalitis lethargica gab. Diese Terminologie hat sich vielfach erhalten, obwohl die Schlafsucht kein integrierendes Krankheitszeichen ist und der englische Neu-

rologe *Wilson* auch auf die grammatikalische Unrichtigkeit — denn nicht die Encephalitis ist lethargisch, sondern der Kranke — hinweisen konnte. In anderen Fällen, die in Teilepidemien so gehäuft auftreten, daß man von einem zweiten Haupttypus sprechen darf, überwiegen neurologisch stürmische Entladungen in Form von veitsanzartigen oder rhythmisierten klonischen Muskelzuckungen und oft heftigen Delirien, denen dann ein Zustand der Erschlaffung mit Schlafsucht oder Apathie folgen kann. Die Begleitsymptome, die wir mehr oder weniger häufig in diesen Stadien finden, mögen hier übergangen werden.

Wichtig ist aber, daß in den Fällen, in denen der Kranke das akute Stadium übersteht (die Mortalität beträgt hier etwa 15—20% im Durchschnitt der Gesamtepidemien), eine Heilung nur in einem Bruchteil der Fälle eintritt, meist sich aber ein monatelang und jahrelang dauernder „nervöser“ Zustand mit Schlafstörungen, Ermüdungsgefühl, Kopfschmerzen und anderen Beschwerden einstellt, der an das Bild der banalen Neurasthenie erinnert und bei Kindern öfters mit bizarren nächtlichen Tumorerscheinungen verbunden ist. Aus diesem Zustand heraus, mitunter auch in direktem Anschluß an das akute Stadium, mitunter aber auch nach einem Intervall von 3—4 Jahren, kann sich ein chronisches Leiden entwickeln, das in ungünstigen Fällen in ein unbeeinflussbares Siechtum übergeht und symptomatisch vor allem durch Verlangsamung aller Bewegungen, Verlust der Bewegungsinitiative, Ausfall der automatisch alle Affekte und Willkürbewegungen begleitenden mimischen und anderen „Mitbewegungen“ oder assoziierten Bewegungen und fortschreitende Starre der Muskulatur, mitunter auch Ruhezittern und andere unwillkürliche Bewegungen gekennzeichnet ist. Wir müssen die Häufigkeit dieses chronischen Stadiums (eigene Untersuchungen decken sich hier mit anderen) auf etwa 40% aller Encephalitisfälle berechnen. Wichtig ist auch, daß dieses chronische Stadium wie die scheinbar neurasthenischen Erscheinungen nach ganz abortiven akuten Erkrankungen zur Entwicklung kommen können, wodurch eine reiche Quelle diagnostischer Irrtümer entstehen kann.

Die Epidemiologie ist eine sehr eigenartige. Einzelfälle werden, wie wir jetzt wissen, auch außerhalb der Epidemiezeit, d. h. bei unserer Krankheit jedenfalls zwischen den Jahren 1894

und 1916, hie und da beobachtet. Eine allmähliche Häufung tritt während der Kriegsjahre auf, etwa im Jahre 1916 kommt es zu den ersten gehäufteren Epidemien, namentlich in den Wintermonaten in Wien und an der Westfront. Über die letztere Zone sind wir durch französische Autoren (*Cruchet*) orientiert, und es ist gewiß möglich, daß auf der französischen Seite zwischen Verdun und Nancy die Krankheit mehr Opfer forderte. Aber es ist uns jetzt sicher, daß auch an der deutschen Front Einzelfälle, die damals noch nicht richtig erkannt werden konnten, jetzt aber in ihren chronischen Erscheinungen der Diagnose keine Schwierigkeiten machen, nicht ganz selten auftraten, wie wir in unserer Gutachterfähigkeit öfters gesehen haben. In den nächsten Jahren wuchsen allmählich die Krankheitsziffern, die Epidemie dehnte sich nach Frankreich, England, Nordamerika, Norddeutschland usw. aus, wobei sich zum Teil ein Wandern der Epidemie noch deutlich verfolgen läßt. Dann aber erfolgt im Winter 1919/20 eine auch klinisch besonders verderbliche Massenexplosion der Erkrankung in breitesten Erdgebieten, deren Ursache ohne vage Spekulationen, deren Erörterung hier keinen Zweck hat, dem Verständnis vorläufig nicht recht nähergerückt wird. Nach dem Abflauen der schweren Erscheinungen breitete sich die Krankheit, wie wir namentlich in Norddeutschland gut sehen, geographisch im Sommer 1920 noch weiter aus mit klinisch zunächst leichteren, aber für die Genesungsaussichten nicht minder verhängnisvollen Symptomen, in kleinen Gemeinden fast stets nur einzelne oder wenige Individuen befallend. Seit dieser Zeit sind wir die Krankheit nicht losgeworden; es erfolgen namentlich im Winter einzelne verstärkte Eruptionen, und wir befürchten, daß wir diesen unheimlichen Gast noch längere Zeit endemisch bei uns beherbergen müssen, ohne zurzeit noch die Möglichkeit zu einer Ausrottung des Virus und Prophylaxe der Einzelpersonen zu haben.

Was die Anatomie der epidemischen Encephalitis anbelangt, so wissen wir, daß in den akuten Stadien bei makroskopisch mitunter ganz intakt erscheinendem Gehirn eine nichteitrige Entzündung in bestimmten Prädispositionsgebieten des Hirnstamms vorherrscht. In den chronischen Stadien können wir, obwohl der Prozeß ein stets fortschreitender ist, nicht immer entzündliche Veränderungen im Erkrankungsgebiet feststellen, sondern mitunter nur Entartungsvorgänge oder Atrophien im nervösen Gewebe, die namentlich einen besonderen Kern in der Mittelhirnhaut, die substantia nigra, und in geringerem Grade einen Teil der zentralen Vorderhirnganglien, den Linsenkern, betreffen.

Gegenüber diesen Tatsachen sind die genetischen Probleme der Krankheit noch keineswegs gelöst, und nur aus dem Grunde erscheint es statthaft, auch vielfach sehr problematische Gebiete außerhalb der eigentlichen Fachforschung zu erörtern, weil wenigstens die Richtlinien der

Forschung jetzt gekennzeichnet und zudem — außerhalb der Frage nach der eigentlichen Pathogenese der Krankheit — aus der Kenntnis der Encephalitis bedeutsame, allgemeine hirnpathologische Probleme aufgetaucht oder klarer umrissen sind, die ein weitgehendes Interesse finden werden. Auch hier wird aus Raumgründen nur ein gedrängter Überblick möglich sein.

Bereits während der ersten Schübe der letzten großen Epidemie war einer großen Reihe von Forschern die Tatsache aufgefallen, daß die ep. Enc. nicht nur mit sogenannten Grippeerscheinungen beginnt, sondern auch in ihrem epidemischen Auftreten eng an die Züge der pandemischen Influenza, die bekanntlich in den Jahren 1918 und 1919 gerade grassierte, geknüpft ist, daß bei früheren Epidemien dieselbe Feststellung möglich ist; und als Folgerung dieser Erkenntnis leugnete man die Sonderexistenz der ep. Enc. als Krankheit „*sui generis*“ und bezeichnete sie oft genug auch schlechtweg als Kopf- oder Hirngrippe. Die Gegner dieser Auffassung konnten sich darauf berufen, daß die Krankheit auch gehäuft außerhalb eigentlicher Grippezeiten auftreten kann, daß klinische Grippe Symptome ganz fehlen können, daß klinisch-anatomisch das Hirnleiden mit seinen Kernsymptomen, mit seiner eigenartigen Tendenz zu meist gleichartigen chronischen Symptomen als eine sehr gut umgrenzbare Einheit imponiert. An dieser auch von mir stets vertretenen Auffassung der nosologischen Einheit der ep. Enc. läßt sich auch nicht wohl rütteln, ebenso erscheint es sicher, daß die ep. Enc. im Prinzip von anderen sogenannten Grippeencephaliden abzutrennen ist, die bei früheren Grippeepidemien mehr sporadisch beobachtet wurden und sich als makroskopisch wohl erkennbare, oft nicht einmal entzündliche Erweichungsherde in verschiedenen Teilen des Großhirns manifestierten; übrigens meist auf Mischerreger des Grippevirus (Kokken) zurückführen lassen.

Andererseits lehren uns das Gros epidemiologischer Feststellungen und auch einzelne klinische Erfahrungen, wie z. B. die, daß gelegentlich, anscheinend infolge Übertragung von einem Falle aus, im gleichen Krankensaale Erkrankungen an Grippepneumonie und Encephalitis beobachtet wurden, doch, daß wohl enge Beziehungen zwischen Encephalitis und Grippe bestehen müssen, und die vorläufig noch nicht gelöste Frage ist nur die, ob das Encephalitisvirus eine biologische Modifikation des Grippevirus oder ein besonderes Virus darstellt, das von dem der Grippe nur besonders leicht aktiviert, pathogen gemacht wird, wie wir das von andern Krankheitskeimen bei der Grippe auch wissen. Eine sichere Entscheidung darüber läßt sich darum noch nicht fällen, weil die Natur des Grippevirus noch nicht eindeutig festgestellt ist. Hinsichtlich der Art des Encephalitiserregers bekennet sich die Mehrheit der bakteriologischen Forscher, die sich mit Untersuchungen darüber beschäftigt haben, zu der zuerst durch Experimente eng-

lischer, amerikanischer und französischer Autoren begründeten Auffassung, daß es sich um ein sogenanntes filtrierbares Virus handelt, d. h. um Krankheitskeime, die so klein sind, daß sie die die gewöhnlichen Bakterien zurückhaltenden Ton- und Porzellanfilter passieren und außerdem, sei es infolge ihrer Kleinheit oder auch aus anderen Gründen der färbereischen Darstellung unzugänglich sind.

Hinsichtlich der Anerkennung der von amerikanischen Autoren angegebenen Darstellungsmöglichkeit von Kulturen, die aus aller kleinsten, eben noch sichtbaren kokkenartigen Mikroben bestehen sollen, wird man sich vorläufig noch skeptisch verhalten müssen. Es gelingt jedenfalls noch mit dem Filtrat bei Kaninchen namentlich durch Verimpfung direkt ins Gehirn die Encephalitis mit histologisch der menschlichen sehr ähnlichen Veränderungen hervorzurufen und mit dem Hirnbrei dieser Tiere auch auf weitere Generationen die Krankheit zu übertragen. Von Interesse ist es dabei zu erwähnen, daß z. B. auch die der Encephalitis in vielen Beziehungen ähnelnde spinale Kinderlähmung (Poliomyelitis) durch ein solches filtrierbares Virus, das sich in manchen Punkten allerdings von dem der Encephalitis unterscheidet, hervorgerufen wird.

Über die Natur dieser Encephalitisnoxe haben nun neuere Untersuchungen noch einige weitere Enthüllungen gegeben; die auf den ersten Blick Erstaunen erwecken müssen. Es wurde nämlich durch Arbeiten, um die sich namentlich *Doerr*, *Vöchting* und *Schnabel* sowie *Levaditi* und seine Mitarbeiter verdient gemacht haben, die Vermutung nahegelegt, daß die Erreger der verhängnisvollen Gehirnkrankheit zum mindesten nahe verwandt mit Noxen sein könnten, die ubiquitär sind und äußerst harmlose Hautaffektionen hervorrufen, nämlich die kleinen oft in Häufchen auf rotem Grunde sich erhebenden sogenannten Herpesbläschen, die, namentlich in der Umgebung der Lippen oder der Nase häufig, bei verschiedenen Infektionskrankheiten, gelegentlich aber auch bei manchen Menschen nach ganz harmlosen Schädigungen, Erkältungen, Diätfehlern usw. auftreten und nach wenigen Tagen abheilen. Nachdem schon vor Kenntnis der Encephalitis festgestellt war, daß der Herpes auf die Hornhaut vom Kaninchen übertragen werden kann und dort Bläschen und Entzündungserscheinungen hervorruft, beobachteten *Doerr* und *Vöchting*, daß der Hornhautentzündung mitunter Erscheinungen einer Hirnentzündung folgen, die der experimentellen epidemischen Encephalitis völlig gleichen, und daß man die gleichen Erscheinungen nach Verimpfen von Herpes ins Hirn findet. Festgestellt ist weiterhin, daß auch dieses Herpesvirus filtrierbar ist, daß die Herpesencephalitis der experimentellen epidemischen auch histologisch sehr ähnelt (*Doerr* und *Levaditi* mit ihren Mitarbeitern und besonders *da Fano*), und daß auch bei epidemischer Encephalitis Hirnbrei eine Hornhautentzündung hervorrufen kann; beson-

ders wichtig für die Beziehungen der beiden Krankheiten ist dann der von *Doerr* und *Schnabel* erhobene Befund einer gekreuzten Herpes-Encephalitis-Immunität. Dieser Befund ist freilich von verschiedenen anderen Autoren, namentlich den schwedischen Forschern *Kling*, *David* und *Liljequist*, bestritten worden; von letzteren Autoren ist auch auf gewisse biologische Unterschiede der Virusarten und histologische Differenzen der jeweiligen Hirnentzündungen hingewiesen worden. Wir selbst geben den Anhängern der Identitätshypothese ohne weiteres zu, daß die von *Kling* beschriebene chronische erst nach Monaten sich entwickelnde Experimentalecephalitis zum mindesten kein Postulat einer Infektion mit Virus der „Epidemica“ und die chronische Erkrankung vielleicht durch besondere eigentümliche Modifikationen der von *Kling* benutzten Virusarten bedingt ist.

Gewichtiger ist der von *Jahnel* und *Illert* erhobene Einwand, daß alle bisherigen Übertragungen der epidemischen Encephalitis vielleicht durch ein akzidentelles nicht spezifisches Virus bedingt sein können und daß in langdauernder Agonie oder nach dem Tode genau so wie Bakterien auch ultravisible Keime aus dem Nasenrachenraum ins Gehirn einwandern könnten. Eine Reihe von Versuchen, bei denen sicher nicht encephalitische Hirne benutzt waren und die Encephalitis sogar nach subkutanen Injektionen „anging“, schien den Autoren diese Ansicht zu bekräftigen. Wir müssen zugeben, daß die kritischen Ausführungen von *Jahnel* und *Illert* uns wieder einmal zeigen, mit welcher Vorsicht aus Befunden, die an sich unantastbar sind, Schlußfolgerungen gezogen werden müssen: Der Versuch, alle bisherigen Forschungsergebnisse als illusorisch zu betrachten, scheint uns doch etwas zu weit gegangen zu sein, zumal verschiedene Autoren doch auch mit Liquor akut kranker Patienten Encephalitis beim Kaninchen hervorrufen konnten und kein Grund zu der Vermutung besteht, daß bei einem, wenn auch kranken, so doch mit den lebenden Abwehrkräften des Normalen noch begabten Organismus ebenso wie bei agonalen oder toten Individuen ganz unspezifische Keime aus dem Rachen in die Meningen einwandern können und nicht rasch zerstört werden. Die Möglichkeit, daß *Loewe* und *Strauß*, *Thalheimer*, *Levaditi* usw. mit dem spezifischen Encephalitiskern gearbeitet und Erfolg erzielt haben, ist trotz der geschilderten Einwände durchaus vorhanden. Die Identität des Encephalitisvirus mit dem Herpesvirus ist noch nicht bewiesen, Zeichen aber dafür, daß zum mindesten eine Verwandtschaft der Virusarten besteht, sind, wie ich darlegte, zweifellos vorhanden.

Jedenfalls sehen wir kein biologisches Rätsel in der Möglichkeit, daß vielleicht schon im Mundspeichel Normaler, wie namentlich *Levaditi* annimmt, ein Virus in abgeschwächter Form sich findet, das gewöhnlich für den Menschen apathogen, aber unter bestimmten Umständen quan-

titativ und vielleicht auch qualitativ different hochgezüchtet wird und mehr dermotrope oder neurotrope Eigenschaften gewinnt. Ähnliche Beispiele liefert uns, wie Schnabel mit Recht betont, die Bakteriologie auch sonst; ich erinnere nur an die Pneumokokken, die als harmlose Parasiten lange in den oberen Luftwegen vegetieren und nach einer schweren „Erkältung“ plötzlich pathogen werden und zu einer tödlichen Lungenentzündung führen können. Über das eigentliche Wesen dieser Encephalitisnoxe wissen wir allerdings, außer daß sie Bakterienfilter passiert, nichts, solange uns die kulturelle Darstellbarkeit sichtbarer feinsten Mikroorganismen noch nicht sicher erwiesen scheint. Hier ist es besser, die Arbeiten der Zukunft abzuwarten, als jetzt schon Hypothesen aufzustellen, denen das genügende Fundament mangelt.

Indem wir einige weitere von den herrschenden Lehren abweichende und noch problematische ätiologische Untersuchungsbefunde hier übergehen, möge es gestattet sein, wenigstens noch zwei weitere Probleme zu erörtern, die durch die Kenntnis der Encephalitis reichlich Anlaß zur Diskussion gegeben haben. Das erste betrifft, grob gesagt, die *Lokalisation psychischer Funktionen*. Nachdem seit Beginn des 19. Jahrhunderts die Hirnrinde als das Organ erkannt war, an dessen Integrität der normale Ablauf seelischer Geschehnisse gekuppelt war, hat die Lokalisationslehre der letzten Dezennien des 19. Jahrhunderts in zahllosen Arbeiten den Beweis dafür zu erbringen gesucht, daß seelische Einzelleistungen, namentlich die mit den Sprachfunktionen, dem Gegenstandserkennen, den Willkürhandlungen zusammenhängenden, an isolierte Zentren der Rinde geknüpft seien. Und auch die jetzige Zeitströmung, die der strengen Herdlokalisation auch relativ elementarer seelischer Leistungen wieder mehr widerstrebt, bestreitet nicht, daß die Hirnrinde das Zentralorgan wenigstens für alle intellektuellen Leistungen ist. Aber daß auch alle elementaren Gefühls- und Triebregungen — auch beim Menschen — allein von der Intaktheit der Hirnrinde abhängen, kann nicht mehr behauptet werden. Schon früher hatten einige Forscher angenommen, daß der große Zwischenhirnkern des Sehhügels für das Affektleben des Menschen Bedeutung hat. Kleist hatte in einer Reihe von Arbeiten auf Störungen des Bewegungsantriebes und der Bewegungszügelung bei Geisteskranken hingewiesen, die auf subcorticale Mechanismen zurückzuführen waren, und Reichardt hatte im Hirnstamm ein lebenswichtiges Zentralorgan mit Zentren des Trieblebens und — allerdings ohne zwingende Gründe — auch des Ichbewußtseins erblickt. Die Encephalitis hat uns nun in einem Massenexperiment gelehrt, wie wichtig unter der Rinde gelegene Hirnapparate für das Seelenleben tatsächlich sind. Zahllos sind die Fälle, die von vielen Autoren beschrieben sind — ich nenne hier nur Hauptmann, Mayer-Gross und Steiner,

Economo, Naville, eigene reichliche Erfahrungen —, Fälle, die auch nach Ablauf des akuten Schlafstadiums, oft in ganz chronischen Stadien in einem völlig apathischen Zustand der Initiativlosigkeit, der scheinbaren Stumpfheit verharren, sorglos dem schweren Krankheitszustand, in dem sie sich befinden, gegenüberstehen. Nur zum Teil wird diese seelische Starre durch eine körperliche Muskelstarre vorgetäuscht, in manchen Fällen kann die Muskelstarre ganz gering, die Apathie groß sein, es besteht also keine Kongruenz zwischen diesen Phänomenen.

Man hat die pathologischen Grundlagen dieser Apathie, zum Teil nach Berichten der Kranken selbst, sowohl in einer Dämpfung, einer Nivellierung der alle Erlebnisse begleitenden Gefühlstöne als in einer primären Hemmung der Willensantriebe gesucht. Obschon nicht zu bestreiten ist, daß die Gefühlserlebnisse in diesen Zuständen herabgesetzt sind, scheint doch das Wesentliche der Störung in einer Herabsetzung von Triebregungen zu bestehen, in einer Störung der spontanen Antriebe, die sich auf die Motilität wie auf Affekte und Denkleistungen erstreckt; letztere brauchen wenigstens potentiell, wie Prüfungen ergeben, keine Herabsetzung zu erleiden; auch die Affekte können bei äußeren Anlässen in normaler Stärke und Qualität zum Durchbruch kommen. Merkwürdigerweise sieht man öfters im Gegensatz zu den Apathiezuständen auch chronische Triebunruhezustände, die in einer Neigung zu grotesken halbrhythmisierten Bewegungsentladungen, wie dauerndem Trippeln oder taktmäßigem Sicherheben vom Stuhl zum Ausdruck kommen und mit einer Steigerung der vitalen Triebe, z. B. Sexualtrieb, verbunden sein können. Ja, bei Kindern und Jugendlichen gehört es sogar zur Regel, daß nicht nur als chronischer Krankheitsprozeß, sondern auch als Residualzustand nach Ablauf der akuten Erkrankung eine eigenartige Charakterveränderung lange Zeit vorherrscht, die man am besten als Hemmungslosigkeit mit Reizbarkeit, Neigung zu läppischen, evtl. asozialen Handlungen charakterisieren kann.

Das Bemerkenswerte ist nun, daß eine Erkrankung der Hirnrinde für diese Zustände nicht in Betracht kommt, zum mindesten genetisch bedeutungsarm ist, da anatomische Untersuchungen lehren, daß namentlich bei den chronischen Erkrankungen der Krankheitsprozeß ganz vorwiegend in den subcortikalen Ganglien des Vorder- und Mittelhirns, besonders der Substantia nigra, sich abspielt. Die in akuten Stadien besonders stark mitbetroffenen Gebiete im sogenannten Höhlengrau spielen hier eine geringere Rolle. Wir haben keinen Zweifel, daß die gefundenen psychischen Störungen mit der Läsion der subcortikalen Apparate zusammenhängen, daß hier Zentralstellen liegen, die für die normale Entstehung der Willensantriebe, für den Vorgang, den wir als Spontanität bezeichnen, wie für die Regulation der Willensregungen von größter Bedeutung sind. Gewiß arbeiten diese

Stellen nicht isoliert als etwas den übrigen Hirnleistungen Übergeordnetes. Wie alle Hirnapparate in ständiger Beziehung zueinander arbeiten, so stehen auch die bei der Encephalitis vorzugsweise erkrankenden Gebiete der substantia nigra und der Linsenkernapparatur in Zusammenarbeit und Abhängigkeit von zentripetalen sensiblen und kortikalen Erregungen, und zwar, wie wir zunächst dank der Arbeiten von Wilson, C. und O. Vogt und vieler anderer kennengelernt haben, im Sinne eines phylogenetisch alten und wichtigen motorischen Hilfsorgans, das bei niederen Wirbeltieren zum Teil noch große Selbständigkeit hat. Beim Menschen und höheren Säuger ist die Wirkung dieser ganzen „extrapyramidalen“, d. h. von der motorischen Hauptbahn der Willkürerregungen, der sogenannten Pyramidenbahn, abgezweigten Apparatur vor allem eine derartige, daß sie den Muskeltonus mitreguliert und außerdem im Anschluß an die eintreffenden kortikalen Signale Impulse für die alle Willkürbewegungen begleitenden automatischen Bewegungen aussendet, auch automatisch die mimischen und gestischen Bewegungen, den Ausdruck unserer Affekte, mitreguliert.

Aber auch diese Impulsgebung beschränkt sich nicht nur auf motorische Vorgänge, sondern im Zusammenhang mit den automatischen, d. h. unter der Schwelle des Bewußtseins sich abspielenden, motorischen Erregungen erfolgen von diesen Stellen des Gehirns auch den höheren Hirngebieten zufließende Impulse, die den Antrieb für die Denk-Willens-Vorgänge und auch das Affektleben zu fördern scheinen, und in diesem Sinne mag man auch von psychischen Zentren in diesen Gebieten sprechen. Schwierigkeiten machen der Erklärung allerdings noch jene Übererregbarkeitszustände, die namentlich in den oben geschilderten Faxentendenzen, Asozialitäten usw. der Jugendlichen zum Ausdruck kommen. Es ist bemerkenswert, daß ein Forscher wie Kleist auch gewisse psychomotorische Hyperkinesen, wie Neigung zu dranghafter Wiederholung von Worten und Bewegungen an der Hand interessanter Sektionsbefunde von Herderkrankungen mit der Läsion der Stammganglien, namentlich der phylogenetisch jüngeren äußeren Abschnitte des sogenannten Streifenkörpers und ihrer Zuleitungsbahnen in Verbindung bringt; wir haben also einige Anhaltspunkte dafür, daß neben den erregenden auch hemmende Impulse für den Ablauf psychischer Geschehnisse aus dem Subcortex stammen; immerhin wird man bei der Kompliziertheit der Verhältnisse hinsichtlich der lokalisatorischen Schlußfolgerungen noch vorsichtiger sein als bei der Beurteilung der den rein motorischen Erscheinungen der Starre einerseits, der unwillkürlichen Bewegungen andererseits zugrunde liegenden anatomischen Differenzen. Wir wissen auch nicht, ob die verschiedenen Formen der „post-encephalitischen“ Unruhe alle gleichsinnig zu erklären sind. Da grobe neurologische Verände-

rungen bei den kindlichen Charakterveränderungen mitunter ganz fehlen und auch eine Rückbildung der seelischen Anomalien möglich ist, können wir überhaupt hier nur sehr geringe anatomische Läsionen als Grundlage der Charakterveränderung annehmen.

Aber man hat wohl berechtigten Grund zu der Annahme, daß auch die bei Encephalitikern im blinden Stadium nach Ablauf des akuten Schubes feststellbaren Erscheinungen der Unruhe und Charakterveränderung auf Regulationsstörungen mit zurückzuführen sind, die in einer Dissoziation zwischen den kortikalen und automatischen subkortikalen über den Linsenkern geleiteten Hirnvorgängen basieren. Bemerkenswert ist endlich, daß die Hirngebiete, die für den Muskeltonus, den Ablauf automatischer Bewegungen wie für die Triebregulation von so großer Wichtigkeit sind, in enger Nachbarschaft mit den Zentren rein vegetativer Funktionen liegen oder sich damit teilweise überdecken; aber die anatomische Abgrenzung der einzelnen Zentren und ihre Bedeutung ist noch zu sehr im Fluß, als daß hier näher darauf eingegangen werden kann.

Noch auf ein zweites Gebiet von weiterem Interesse, das durch die Encephalitisforschung Anregungen erhalten hat, mag hier hingewiesen werden, das der Beziehungen zwischen Hirnfunktionen und Funktionen der inneren, den Stoffwechsel regulierenden Organe. Daß reichliche Wechselbeziehungen zwischen nervösen, über Vagus und sympathischen Apparat geleiteten Funktionen und den Organen des Stoffwechsels, namentlich den Blutdrüsen, bestehen, ist uns bereits seit langem bekannt. Neben diesen vegetativ-endokrinen Wechselbeziehungen wird unser Interesse seit einigen Jahren durch enge Beziehungen, die zwischen Leber und Gehirn bestehen, erweckt. Nachdem zuerst Wilson gezeigt hatte, daß bei einer eigenartigen Hirnkrankheit, die ähnliche „amyostatische“ Erscheinungen von Muskelstarre und Zittern, wie ich sie oben beschrieb, zeigt, anatomisch neben einer Entartung des Linsenkerns schwere Veränderungen der Leber, die an Leberschrumpfung erinnern, aufgefunden werden, konnte der Wiener Forscher Fuchs feststellen, daß nach Vergiftung mit dem Eiweißfäulnisprodukt Guanidin, wie nach Ausschaltung der Leber aus dem Kreislauf experimentell schnell tödliche Erkrankungen mit entzündlichen Veränderungen des Gehirns entstehen; erhebliche Alterationen des Gehirns finden sich auch bei akuten tödlichen Lebererkrankungen des Menschen (Kirschbaum), und auch bei der Schüttellähmung, einer Erkrankung, die ebenfalls im wesentlichen im Linsenkerngebiet sich abspielt, sind Leberfunktionsstörungen feststellbar (Dresel und F. H. Levy). Der eigenartige Verlauf der chronischen Formen der Encephalitis, auch der anatomische Befund, der Entzündungen mitunter vermissen läßt, gaben Anlaß

dazu, auch bei chronischer Encephalitis dem Stoffwechsel genauere Beachtung zu schenken, und es stellte sich dabei heraus, daß bei den chronischen Starrezuständen wie bei den an Neurasthenie erinnernden Folgezuständen der Encephalitis Störungen des Stoffwechsels, die nach der gültigen Anschauung als Leberfunktionsstörungen angesehen werden mußten, tatsächlich feststellbar, mitunter sehr ausgesprochen waren (Meyer-Bisch u. Verf.). Auch hier finden sich wieder die Beziehungen zwischen der Leber und den Apparaten der inneren Partien des Linsenkerns (des Paläostriatum) bzw. der substantia nigra wieder. Man wird darüber diskutieren können, in welcher Richtung diese Beziehungen bei der Encephalitis zueinander stehen, ob der Gehirn-erkrankung infolge der Läsion vegetativer via Vagus oder Sympathicus sich entladender Zentren die Leberfunktionsstörung folgt, oder umgekehrt die Leberalteration die Gehirnschädigung nach sich zieht. Die erstere Annahme erscheint a priori schon darum plausibel, weil im akuten Stadium der infektiöse Krankheitsprozeß im Hirn sich vorwiegend abspielt. Dennoch sprechen auch mancherlei Erwägungen für den umgekehrten Weg, also für Vorgänge analog jenen pathologischen Zuständen, wo die Gehirnschädigung sicher von der Leberalteration abhängig ist, wie etwa in größtem Maße bei der experimentellen Leberausschaltung. Die Gehirnschädigung wird in den Fällen der Leberläsion auf mit dem Blute zugeführte Giftprodukte zurückgeführt, die dann auftreten, wenn das entgiftende „Leberfilter“

versagt, und Stoffwechselprodukte, namentlich auch aus dem Darm stammende Eiweißabbau-produkte, direkt in die Blutbahn übergehen können. Bemerkenswert ist dabei, daß, wie F. H. Lewy zeigte, auch andere Gifte, z. B. das Mangan, besondere Affinität zum Paläostriatum zeigen. Die Zukunft wird lehren, ob die Vermutung zutrifft, daß auch bei der chronischen Encephalitis eine Leberschädigung vorliegt, die mit der akuten Infektion zusammenhängen könnte; vor allem werden uns auch weitere Untersuchungen lehren, wie oft eine histologische Leberveränderung in diesen Zuständen vorliegt. Jetzt schon aber werden wir berechtigt sein, festzustellen, daß zwischen der Leber und umschriebenen Gebieten des Hirns, namentlich dem Linsenkern, besonders innige Beziehungen bestehen, daß etwa, wie F. H. Lewy sich ausdrückt, diese Gebilde „ein zusammengehöriges System ausmachen, eine Art Sympasma, das man eine Vitalreihenketten zu nennen pflegt“.

Auch dieses Gebiet der Leber-Hirn-Beziehungen bedarf noch des weiteren Ausbaues. Wenn ich zeigen könnte, wie auch von der Encephalitisforschung aus Anregungen zu diesem Problem hin strömen, so möge dies ein kleiner Hinweis dafür sein, wieviel außerordentlich interessante theoretische Fragen aus dem Studium der Krankheit entstehen, ganz abgesehen von den immensen praktischen und vorläufig leider sehr undankbaren Aufgaben, die uns durch die Behandlung zahlloser chronisch kranker und siecher Personen erwachsen.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung.

Historische Geologie.

Von E. Wepfer, Freiburg i. B.

Die historische Darstellung des Werdeganges der Erde muß von sämtlichen anderen Unterdisziplinen der Geologie Gebrauch machen, um die Mittel zu erkennen, aus denen heraus das heutige Antlitz der Erde entstanden ist, um ferner die Wege zu zeigen, auf denen wir unseren Bedürfnissen nach weiterer, möglichst rationeller Verwertung ihrer vorhandenen, natürlichen Hilfsquellen genügen können.

Aus dem Begriff des *Gewordenen* ergibt sich schon die Erkenntnis, daß keine dieser Hilfsquellen rein zufällig da ist, wo wir sie jetzt finden, sondern daß eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorhanden ist, daß für ein *jediges natürliches Vorkommen* bestimmte Voraussetzungen gelten. Sie erkennen, heißt den Weg historischer Geologie einschlagen.

Es ist in diesem Gedankengang schon ausgesprochen, und zugleich die wesentliche Erkenntnis der Geologie überhaupt, daß das Bild der Erde nicht stets das gleiche war, wie heute. Wir wissen, daß gewisse Kräfte der Gebirgsbildung: Hebungen, Senkungen von Teilen der Erdrinde auch heute noch stattfinden. Wir wissen,

daß die Kräfte der natürlichen Abtragung (Verwitterung, Lockerung, Wegschwemmung durch die Atmosphären) auf der einen, die der Ablagerung von neu sich bildenden Gesteinsmassen (Schichtgesteinsbildung) auf der anderen Seite noch heute wirksam sind. Diese Erkenntnis, daß in der Vorzeit keine grundsätzlich anderen Kräfte tätig waren als jetzt, setzte sich in der jugendlichen Wissenschaft der Geologie erst im Laufe des 19. Jahrhunderts durch; man spricht seitdem von „aktualistischer“ Geologie, als deren Schöpfer besonders der Engländer *Charles Lyell* genannt wird. Wenn wir daher sämtliche Vorgänge allgemeiner Geologie berücksichtigen, insbesondere diejenigen, die wir unter den Begriff der „äußeren Dynamik“ fassen, und die im allgemeinen vor unseren Augen sich abspielen, ferner diejenigen der „inneren Dynamik“ in Rechnung stellen sowie die Gesetze der Petrographie und die Tatsachen der Paläontologie mitsprechen lassen, so ergibt sich daraus die Summe alles dessen, was schließlich zu dem Bau und Bild gerade unserer Erde geführt hat. Es finden sich darin die Spuren des ewigen Wechsels zwischen

Aufbau und Zerstörung wieder, und in jedem Gestein müssen sich bis zu einem Grade die Voraussetzungen widerspiegeln, unter denen es entstanden ist (Petrographie), die uns mittelbar auch die Veränderung und Zerstörung älterer präexistierender Gesteine und Gebirge erweisen und so zu einer Erforschung des *damaligen* geographischen Bildes und geologischen Aufbaus anregen: es ist die *paläogeographische* Richtung. Und nur flüchtig sei daran erinnert, daß auch die Untersuchung der Reste einstiger Bewohner unserer Erde in ihrem natürlichen, engen Zusammenhang mit der Erforschung der Gesteine, in die sie bei deren Bildung geraten sind, entsprechend in *paläobiologischer* Richtung neuerdings einen Aufschwung nimmt. In diesen beiden Richtungen liegt gewissermaßen die Quintessenz historisch-geologischer Forschung, indem sie uns aus der Beschreibung der toten Gesteine und ihres Fossilinhalts zu den lebendigen Vorgängen bei ihrer Bildung hinaufführt.

Die Reihenfolge all dieser Vorgänge festzustellen, ihre Bedeutung und relative Gleichzeitigkeit sowie ihre gegenseitige Durchdringung auf verschiedenen Teilen der Erde gegeneinander abzuwägen, ist die Aufgabe historischer Geologie. Es ist psychologisch von Interesse zu sehen, daß die gesamte Geologie mit all ihren Hilfswissenschaften noch bis heutigen Tages dazu verurteilt scheint, in den Augen der breitesten Masse des Publikums innerhalb einer Art von Sagenkreis zu stehen, in dessen Bann fabelhafteste Ereignisse und Gestalten von riesenhaftem, heute längst erloschenem Ausmaß ihren Gang gehen, um mit der Annäherung an die Jetztzeit für immer zu verschwinden. — In jener Vergangenheit lebe dann die geologische Forschung; und das schattenhafte Wissen, einzelne aufgegriffene Bruchstücke aus ihrem Bestand zeugen deutlich genug von der Darstellungsart populären Charakters, die billigen Ruhm erntet, indem sie dem Wissensdurst in feuilletonistischem Stil von den „Geheimnissen der Vorzeit“ plaudert. — Auf der andern Seite kann es nur am Mangel eines *weiteren* Gesichtspunktes liegen, wenn oft in Schulen das wissenschaftliche Moment in der Hervorkehrung an sich subalternen Tatsachen, selbstverständlicher Vorgänge allgemein-geologischer Natur sich erschöpft; wenn die Reihenfolge der einzelnen Formationen, die geologische Zeittafel, die Systematik der fossilen Tiere und Pflanzen „als notwendiger Grundstock“ gepaukt wird.

Die erste Betrachtung äußerlich dynamischer Natur lehrt uns eine Grundwahrheit kennen: ihre Kräfte sind es, durch welche bestehende Gesteine, soweit sie Erhabenheiten der Erdoberfläche bilden, zerstört und abgetragen werden. Das Wasser des Regens, der Bäche, der Flüsse führt den durch die Verwitterung entstandenen Gesteinsgrus, Sand, Schlamm, in die Tiefe und lagert ihn *dort* ab, wo die transportierende Kraft des Wassers zur Ruhe kommt: es entstehen Kies- und Sandbänke in Flußtalern, Seen — Schichten

von verschiedenster Zusammensetzung am Grund des Meeres —, überhaupt Aufhäufungen von Gesteinsmaterial in Senken, ob solche dauernd mit Wasser erfüllt sind oder nicht. Wasser bzw. auf dem Festland unter Umständen der Wind sorgen für mehr oder weniger ebene Ausbreitung des Materials über eine gewisse Fläche hin. — Der Wechsel des zugeführten Materials, die etappenweise ein- und wieder aussetzende Zuführung, bedingt durch klimatische Faktoren (oder Bewegungen innerhalb der festen Erde (s. innere Dynamik), bedingt die Entstehung von einzelnen Schichten, die in ihrer Gesteinszusammensetzung wechseln. In den Schlamm, Sand geraten die Reste von Lebewesen, die zur Zeit der Entstehung dieses Gesteins innerhalb oder nahe seinem Entstehungsgebiet lebten oder abstarben; Tiere und Pflanzen, die die Fähigkeit haben, in ihrem Skelett Kalk aufzuspeichern, tragen direkt oder indirekt zur Ablagerung mehr oder weniger kalkreicher Schichten bei: So kommen in der „Schichtfolge“ Versteinerungen oder Fossilien, d. h. Reste — meist nur von Hartteilen — der damals vorhandenen Lebewelt vor. — Der untere Teil einer Schichtfolge: das „Liegende“ ist älter, der obere: das „Hangende“ jünger.

In ihrer horizontalen Ausdehnung ist eine einzelne Schicht so gut wie eine größere Schichtfolge nicht nur beschränkt durch die Gestaltung und Ausdehnung des *Ablagerungs-* oder *Sedimentationsgebietes*, sondern auch durch die Art der Zufuhr aus dem *Abtragungsgebiet*; des weiteren durch die Verteilung des zugeführten Materials auch infolge der innerhalb des Ablagerungsgebietes wirkenden Kräfte, wie Wind, Strömungen, Küstenbrandung usw. in ihrem Verhältnis zur Schwere des Materials. — Zunächst muß daher die Dicke = *Mächtigkeit* von Ort zu Ort Änderungen unterworfen sein; am auffälligsten wird ein solcher Wechsel in seichtem Wasser, nahe dem Strand sein, da hier die Ablagerungsbedingungen aus begreiflichen Gründen rasch wechseln können: auf kurze Entfernung hin kann eine Schicht *auskeilen*, d. h. dünner werden und schließlich aufhören, und dadurch im Querschnitt linsenförmige Gestalt haben. Ferner geht damit Hand in Hand ein Wechsel in Zusammensetzung und Struktur des Schichtgesteins: eine kalkige Schicht oder Schichtfolge kann anderswo in toniger „*Facies*“ ausgebildet sein; grobes Korn, etwa in einem Sandstein, wechselt mit feinkörnigeren Partien. Der in diesen *faciellen* Unterschieden manifestierte Wechsel der chemisch-physikalischen Bedingungen von Ort zu Ort kann sich auch im Bindemittel etwa eines Sandsteins, d. h. in dem Material, das die einzelnen Körner des Sandes zum festen Stein verkittet, äußern; es kann z. B. tonig, kalkig, quarzig sein; hier nachträgliche Prozesse der Veränderung im Bindemittel und in der ganzen Mineralführung von dem ursprünglichen Bild zu unterscheiden, ist ein wichtiges Ziel historisch-geologischer Forschung. Man bezeichnet jene nachträglichen Pro-

zesse der Verfestigung auch als *Diagenese*, ein etwas weit gefaßter Begriff, der das Bedürfnis einer vorläufigen Umschreibung vieler schwer fassbarer Vorgänge verrät, die man ebensogut „*Fossilisierung*“ nennen könnte, und dessen Klärung durch noch größere Betonung des genetischen Moments in der *Sediment-* (= Schichtgesteins-) *Petrographie* zu erhoffen ist. — Ein Wechsel in den chemisch-physikalischen Bedingungen in einem Ablagerungsmilieu muß aber seinen Einfluß auf die dort lebende Fauna und Flora haben, da viele Lebewesen nur unter ganz bestimmten Bedingungen zu leben vermögen und bei Änderung derselben oft massenhaft zugrunde gehen bzw. unter Umständen auswandern werden.

Die Zusammensetzung des Sedimentes erlaubt, wie erwähnt, gewisse Rückschlüsse auf den Aufbau des Lieferanten, nämlich der Abtragungsgebiete; und auch bezüglich der Struktur der Schichtgesteine sind dann und wann gewisse Rückschlüsse auf die Herkunftsrichtung, Strömungen in dem betreffenden Wasserbecken oder Flußlauf möglich, ebenso wie die Beantwortung der Frage, ob die betreffende Gesteinsschicht unter Wasser entstanden oder auf trockenem Boden vom Wind zusammengeblasen ist.

Bei all diesem Wechsel ist doch die Feststellung des relativ gleichen Alters von Schichtfolgen, zum mindesten in größeren Verbänden, möglich durch das Auftreten von „Leitfossilien“, d. h. von Resten von Tieren oder Pflanzen, von denen wir erfahrungsgemäß wissen, daß sie bloß in einer gewissen Periode der Erdgeschichte gelebt haben. Freilich ist nicht nur das Vorkommen von Fossilien, sondern besonders die Art ihrer Erhaltung abhängig auch von der Schnelligkeit, mit der sedimentiert wurde, deren Verschiedenheit oft unmittelbar aus der verschiedenen Mächtigkeit von gleichzeitig gebildeten Schichtserien geschlossen werden kann: je langsamer die Aufhäufung von Sedimentationsmaterial, je längere Pausen zwischen den einzelnen Episoden besonders intensiver Sedimentation, um so vollständiger kann unter Umständen die Zerstörung der Reste von Lebewesen im Wasser durch Fäulnis und Lösung, auf dem Festland durch Verwesung u. dgl. sein. — Ferner lassen sich aus der Art der Einbettung und Erhaltung besonders bei Wirbeltieren oft sehr bemerkenswerte Schlüsse auf deren Todesart ziehen, und der oft sehr deutliche Zusammenhang zwischen der Aufhäufung von Fossilresten und von Sedimentationsmaterial weist darauf hin, daß öfter und immer wieder in gewissen Episoden der Erdgeschichte besonders lebhaft Ablagerung stattfand. Mit deren zahlreichen Unterbrechungen, die z. T. gewiß regional verbreiteten Charakter hatten, hängt ohne Zweifel die bekannte Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferung zusammen. — Einigermassen problematisch bleibt dabei die merkwürdige Tatsache, daß zu bestimmten Zeiten oft an vielen weit voneinander getrennten Stellen

fast völlig gleiche Gesteinsausbildung herrscht, die anderen Perioden fehlt.

Größere Unterbrechungen, die sich am Fehlen von anderswo vorhandenen Schichtfolgen erkennen lassen, sind öfters die Folge davon, daß das betreffende Gebiet dem Auswirkungsbereich der Ablagerung entzogen wird, etwa durch einfache Hebung oder durch Zusammen- und Auf-faltung der entstandenen Schichten, d. h. Gebirgsbildung. Der gehobene Teil kommt damit in den Bereich der Abtragung, und wenn er durch sie völlig eingeebnet ist oder durch spätere Senkung wieder zum Ablagerungsgebiet wird, so legen sich neue Schichten auf die alten: dazwischen liegt eine zeitliche Lücke. Die jüngeren Schichten liegen entweder gleichsinnig wie die alten, z. T. abgetragenen, d. h. *konkordant*, äußerlich genau so wie eine geschlossene, normale Schichtfolge; meistens aber werden die älteren Gesteinsschichten geneigt oder gefaltet, mit Sprüngen (Verwerfungen) durchsetzt sein, und die jüngeren *transgredieren* darauf mehr oder weniger *diskordant*, d. h. ihrerseits als Ganzes horizontal. Das relative Alter sowohl der liegenden als auch der hangenden Serie ist bekannt, somit auch das Alter der Hebung bzw. der Gebirgsbildung und der Unterbrechung des Sedimentierungsvorganges.

Außer den *gebirgsbildenden Phasen* mit ihren Faltungen und Verwerfungen sind es dann vor allem noch langsamer wirkende Hebungs- und Senkungs- oder „Großfaltungs“bewegungen der Erde, welche die Ablagerungs- und Abtragungsgebiete allmählich gegeneinander verschieben, so daß an keinem Punkte der Festländer unserer Erde sämtliche Formationen — das sind bestimmte zusammengefaßte Perioden der Erdgeschichte — ihre Ablagerungen übereinander hinterlassen haben.

Jedoch ist damit keine sozusagen unendliche Mannigfaltigkeit der Verschiebung zwischen Ablagerungs- und Abtragungsgebiet über die ganze Erde hin gegeben, sondern gerade neuerdings scheinen wichtige Gründe für eine gewisse, recht ausgesprochene *Permanenz der Kontinente und Ozeane* seit den ältesten Zeiten zu sprechen. Freilich sind unsere Kontinente fast durchweg wenigstens zeitweise auf größere oder kleinere Strecken hin überflutet worden, aber in allen fossilen Ablagerungen scheinen sich die Zeichen dafür zu mehren, daß sie in wenig tiefem Wasser, in nicht allzu großer Entfernung von Festland gebildet worden sind, eine Auffassung, die ihre wesentlichste Stütze in der Tatsache hat, daß sie fast durchweg direkt oder indirekt ihre Komponenten festländischem Material entnommen haben, und daß ferner nur verhältnismäßig wenige Fossilreste auf tieferes Wasser hinweisen. Echte Tiefseeablagerungen aber nach Art der heutigen, zu deren Charakteristikum nicht nur ihre besondere Zusammensetzung, sondern auch die riesenhafte Ausbreitung in den jetzigen

Ozeanen gehört, scheinen fossil durchweg zu fehlen.

Gerade die Tatsache, daß die meisten unserer fossilen Sedimente in verhältnismäßig flachem Wasser, ja vielfach fast auf festem Lande gebildet worden sind und zugleich Serien von oft mehreren Kilometern Mächtigkeit bilden, gibt uns einen wichtigen Hinweis auf die prinzipielle Natur der Ablagerungsgebiete überhaupt: diese sind nicht Tieflage mit oder ohne Wasserfüllung von einer von vornherein gegebenen Tiefe und einem bestimmten Umfang, die nunmehr einfach zugefüllt würden: sondern mit der Ablagerung von Sediment Hand in Hand geht offenbar eine allmähliche Senkung, die es bewirkt, daß trotz der riesenhaften Aufhäufung von Schichtmaterial hier immer ein Tieflage bestehen bleibt, und daß die untersten Schichten der betreffenden Schichtfolge genau so, oder sogar oft in noch bedeutenderem Maße als die höheren, geradezu Strand- und Seichtwassercharakter zeigen. D. h. der durch die Mächtigkeit der Schichtfolge gegebene Vertikalausschlag ist die Folge der mit der ersten Überflutung = *Transgression* erst beginnenden Senkung, welche so lange dauert, bis aus irgendwelchen Gründen jene Senkung ein Ende erreicht oder von einer Hebung oder gar Auffaltung abgelöst wird.

Hinsichtlich der zeitlichen Festlegung von vulkanischen Ereignissen mit der ihnen eigenen Förderung von feuerflüssigen Eruptivgesteinen und der damit Hand in Hand gehenden Veränderungen der angrenzenden Gesteine. — ferner hinsichtlich der Ausfüllung von Spalten durch aus wässriger Lösung, aus Gaswirkung oder aus Erstarrung von Schmelzfluß und ihren Folgen entstehende Gesteine gilt die Regel: mitbetroffene Gesteine haben schon bestanden, jüngere zeigen keine Beeinflussung durch diese Vorgänge. —

Bei all diesen Überlegungen handelt es sich lediglich um die Feststellung eines relativen Alters; absolute Zeitbestimmungen sind öfters versucht, aber noch nicht in das Stadium einwandfreier Anerkennung getreten. Anknüpfungspunkte, wie klimatische Perioden (z. B. *Brückners*), ferner gesetzmäßig wiederkehrende Änderungen kosmischer Natur und andere Wege fehlen nicht.

Aus den reichen Erfahrungen geologischer Forschung in allen Erdteilen hat sich eine Zeittafel ergeben, die schon frühzeitig in ihren Grundzügen und ein für allemal feststand. Sie im einzelnen zu vervollständigen, ist die Aufgabe speziell stratigraphisch („stratum“ lat. = Schicht) vergleichender Forschung, an der auch jetzt noch immer wesentliche Arbeit zu leisten ist, da sich manche, besonders fossilarme Gesteine einer sicheren Beurteilung bezüglich ihres Alters leicht entziehen. — Die Stütze für diese geologische Zeittafel bilden die Sedimentgesteine mit ihren nur in ihnen und in ganz bestimmten Ablagerungsperioden vorkommenden Fossilresten; während grundsätzlich gleiche Eruptivgesteine begreif-

licherweise zu allen möglichen Zeiten entstehen konnten. So arbeiten insbesondere *Stratigraphie* (Schichtkunde) und *Paläontologie* (Lehre von den einstigen Lebewesen) Hand in Hand. Der allgemeine Charakter der Fossilien und die Reihenfolge in ihrem Auftreten sind in großen Zügen überall gleich: *Leitfossilien* von geringer vertikaler und großer horizontaler Verbreitung sind das wichtige Hilfsmittel. Daneben spielt natürlich, wie angedeutet, auch die paläontologische „Facies“ ihre wichtige Rolle. Die Sedimentgesteine lassen sich gliedern in chemisch niedergeschlagene und mechanisch aufgehäufte (rein aquatische, äolische, glaciale), ferner in solche, die rein oder überwiegend auf organischem Wege entstanden sind, wie viele Kalke. Weitere Einteilungen sind möglich z. B. nach der mutmaßlichen Entfernung vom Ufer und nach der Meerestiefe, in der Schichten gebildet worden sind: etwa in Strandbildungen, Seichtwasserablagerungen, Schichten tieferer See. Doch vermag die Praxis diesen theoretisch äußerst wertvollen Gesichtspunkten vor der Hand erst in einzelnen Fällen über die größten, leicht erkennbaren Extreme hinaus zu einer fruchtbaren Einzelgliederung zu folgen. Der Begriff der *Schichtfolge* ergibt sich aus dem vorstehenden; *Schichtfolge*, *Schichtgruppe* u. dgl. sind Bezeichnungen für gewisse, meist ihrer Entstehung nach mehr oder weniger einheitliche Schichtgesteine, *Formation* (terrain, système in der internationalen Bezeichnung) eine weitere Einteilung in größerem Rahmen, die übrigens gleichfalls nicht rein willkürlich ist, sondern anknüpft an gewisse Marksteine in der Entwicklung der Lebewelt, an Gebirgsbildungen, an große, regional verfolgbare Verschiebungen in der Verteilung von Wasser und Land, in denen sich vielleicht ein gewisser Rhythmus im Zusammenhang mit Veränderungen der Erdbahn und ähnlichem einmal erkennen lassen wird (s. o.).

Die Stratigraphie gibt uns also zunächst eine Zeittafel, die sich auf unseren Erfahrungen aufbaut, und an deren Hand wir die Gesteine in der Natur prüfen, um an sie zugleich alle die Gesichtspunkte der Petrographie, der inneren und äußeren Dynamik u. a. m. anzulegen, und daraus neben dem Platz im Schema, an den sie gehören, vor allem die Voraussetzungen für ihre Entstehung zu erörtern.

In diesem Umfang mag die historische Geologie gefaßt sein, damit wir uns stets bewußt bleiben, wie sehr sie auch der anderen Disziplinen: der eigentlichen Mineralogie und Petrographie, Chemie, Physik, ferner — mit Bezug auf die Fossilien — der Botanik und besonders der Zoologie sowie nicht zum letzten der vergleichenden Anatomie, der Methoden der Entwicklungs-, ja der Vererbungslehre, ferner ganz allgemein der biologischen Betrachtungsweise bedarf — je nach der speziellen Richtung, in der sich ihre Forschungen bewegen. Insbesondere scheint neuerdings die Mineralogie und die Gesteinskunde eine

ausschlaggebende Rolle in dieser Richtung zu spielen.

Die allgemeine Gliederung für diese *Entwicklungsgeschichte der Erde und ihrer Bewohner* liegt in der folgenden geologischen Zeittafel:

- I. Azoicum oder Archaicum („Ur“-Zeitalter ohne überliefertes Leben).
- II. Präcambrium, Algonkium oder Eozoicum („eos“ griech. = Morgenröte: erste, noch wenig bekannte Lebewesen).
- III. Paläozoicum (Altertum der Erde)
 1. Cambrium
 2. Silur
 3. Devon
 4. Carbon oder Steinkohlenformation
 5. Perm = Dyas
 - a) Rotliegendes
 - b) Zechstein.
- IV. Mesozoicum (Mittelalter der Erde)
 1. Trias
 - a) Buntsandstein
 - b) Muschelkalk
 - c) Keuper
 2. Jura
 - a) Lias (= schwarzer Jura)
 - b) Dogger (= brauner Jura)
 - c) Malm (= weißer Jura)
 3. Kreide.
- V. Känozoicum (Neuzeit der Erde)
 1. Tertiär
 2. Quartär
 - a) Diluvium oder Pleistocän
 - b) Alluvium, überführend zur Jetztzeit.

Die mit römischen Zahlen bezeichneten Abteilungen bedeuten Formationsgruppen, die mit arabischen Formationen, die mit Buchstaben versehen sind Unterabteilungen, die gleichfalls wohl als selbständige Formationen behandelt werden. Es herrscht in der Art der Bezeichnung ein gewisser Spielraum. — Die Namen sind zum Teil lokalen Ursprungs und haben keinen speziell auf den Charakter der betreffenden Formation abhebenden Sinn, zum Teil (Carbon, Buntsandstein, Kreide) gründen sie sich auf die teilweise zu Recht bestehende Anschauung, daß bestimmte Gesteine nur damals gebildet worden sind.

Der *ursprüngliche Zustand* unseres Planeten wird meist unter dem Gesichtswinkel der bekannten Kant-Laplaceschen Anschauung begriffen: demnach bildete er ursprünglich einen Gasball, dann einen Gasball mit schmelzflüssigem Kern und dann erst den erstarrten Weltkörper. Es mag demnach zu irgend einem Zeitpunkt sich äußerlich eine erste Erstarrungskruste gebildet haben. In einer späteren Periode der Abkühlung müssen sich dann die ersten Wasser gesammelt haben, und damit zugleich setzt die größere Mannigfaltigkeit der Gesteinsbildung ein, nämlich mit der Bildung von Schichtgesteinen aus dem Material zerstörter, d. i. durch Wasser abgetragener höher liegender Partien.

Das *Archaicum* bildet überall die Unterlage

aller anderen Formationen; es umfaßt diejenigen Gesteine, die mit dem deutschen Namen *Ur- oder Grundgebirge* bezeichnet werden. Der Beginn ihrer Bildung führt theoretisch bis zur Zeit der Bildung der ersten Erstarrungskruste zurück.

Ob wir deren Reste nur im Urgebirge zu erblicken haben, hängt wesentlich davon ab, ob wir sie lediglich als die *ursprünglich vorhandene Unterlage* aller jüngeren Gesteine, die das Urgebirge ja tatsächlich bildet, auffassen wollen, oder ob wir das „*subcrustale*“ Weitergehen dieses Erstarrungsprozesses an einem glutflüssigen Erdkern in großer Tiefe auch in späterer Zeit mit in diesem Rahmen begreifen.

Das „Grundgebirge“ besteht aus überaus mächtigen Serien von Gesteinen, zum Teil Eruptiv-, zum Teil aber auch verschiedenartigsten Schichtgesteinen, die jedenfalls in ihrer überwiegenden Mehrzahl ursprünglich nicht unter anderen Bedingungen gebildet sind, als späterhin derartige Gesteine entstehen. Sie alle haben aber später, zum Teil infolge der zahlreichen „*Injektionen*“, d. i. Durchdringungen mit glutflüssigen Eruptivgesteinen längs Sprüngen, zum Teil durch die Tiefe, in die sie bei der späteren fortschreitenden Bedeckung durch jüngere darauf abgelagerte Gesteine verhältnismäßig rücken, d. h. durch den dort herrschenden hohen Druck und die hohe Temperatur wesentliche Veränderungen erfahren: Sie haben eine „*Metamorphose*“ = Umwandlung durchgemacht, die sich in einer *Umkristallisation* ihrer Bestandteile und einer *schief-rigen „Textur“* (Gewebe) äußerte, indem z. B. die zahlreichen Glimmerminerale sich senkrecht zur Richtung des herrschenden Druckes angeordnet haben. Man bezeichnet daher das Archaicum auch wohl als die Gruppe der *kristallinen Schiefer*.

Der mineralogischen Zusammensetzung nach handelt es sich hauptsächlich um Gemenge von Quarz und Silikaten (Feldspat, Glimmer, Mineralien der Augit-, Hornblendegruppe usw.). Besonders bezeichnend ist der *Gneis*, gleich dem Granit in der Hauptsache aus einem Gemenge von Quarz, Feldspat und Glimmer bestehend; zu einem Teil läßt er sich als ursprüngliches Eruptivgestein (Granit) erkennen, kann aber auch als Endprodukt der Metamorphose von Schichtgesteinen entstehen. Gelegentliche Einlagerungen von Graphit (reinem Kohlenstoff) und kohlensaurem Kalk können nicht als Beweise für organisches Leben angesprochen werden, da beide auch auf anorganischem Wege entstehen können, obwohl andererseits der Mangel an fossilen Resten von Lebewesen nicht gegen die Anwesenheit von organischem Leben zu jener Zeit spricht; man darf daher eigentlich nicht von „Azoicum“ („zoon“ griech. = das Leben) reden.

Nach neuerer Ansicht namhafter Forscher spielt zum Teil die Wiederaufschmelzung sedimentärer Schiefer und durch Druck geschieferter Eruptivgesteine in großer Tiefe eine bedeutende Rolle bei der „*Vergneisung*“: großenteils „schwimmen“ derartige Gesteine auf dem aus Schmelz-

fluß erstarrten Granit. Gesteine aus jüngeren Formationen können somit zu „Gneisen“ werden, ohne daß ihre Abgrenzung vom Archaicum möglich wäre oder ihr wirkliches Alter feststände. Infolge der Tatsache, daß viele kristalline Schiefer nachweisbar erst in viel späterer Zeit entstanden sind, ist die Abgrenzung dieser Formation nach unten und nach oben außerordentlich erschwert. Ein großer Teil des „Urgebirges“ ist als nachträglich verändertes Paläozoicum erkannt worden, so z. B. auch in manchen deutschen Mittelgebirgen, wie denn überhaupt in der neueren Zeit deutlich die Tendenz hervortritt, jener ursprünglich reichlich chaotischen Rubrik allmählich Stück für Stück zu entnehmen und eine Klärung der Entstehung einzelner Vorkommen anzustreben.

Abgesehen von der allgemeinen Metamorphose haben offenbar gebirgsbildende Bewegungen das ursprüngliche Bild stark beeinflußt: erhebliche Diskordanzen zeugen dafür, so daß ein anschauliches Bild von der Geschichte der Erde zu jener Zeit nicht gewonnen werden kann.

Die Verbreitung des Archaicums an der Oberfläche der Erde ist eine recht große: es handelt sich dabei um verhältnismäßig hochliegende Teile der Erdkruste, auf denen die jüngeren Formationen teils durch Abtragung verschwunden, teils überhaupt auf solchen uralten Hochgebieten der Erde kaum abgelagert worden sind.

Unterhalb der mit dem Cambrium beginnenden, durch einwandfreie Leitfossilien bezeichneten paläozoischen Formationsgruppe liegt an vielen Orten eine überaus mächtige Folge von zum Teil normalen (d. h. nicht umgewandelten), aber fast völlig fossilfreien Gesteinen: Sandsteine, Conglomerate (= geröllreiche Schichten), Kalksteine, Tonschiefer usw., die ihrem Habitus nach weit mehr dem Cambrium als älteren Gesteinen ähneln. Freilich finden sich auch metamorphosierte Gesteine dabei: wie Quarzite, Glimmerschiefer. Ferner treten dazu außerordentlich mächtige vulkanische Oberflächenergüsse, die als solche noch deutlich zu erkennen sind. — Im Gegensatz zum Archaicum, wo derartige Gesteine, auch wenn ursprünglich vorhanden, die vollkörnige Struktur des Granits angenommen haben. — Im allgemeinen, aber nicht immer, sind diese *algonkischen* Gesteine durch eine mehr oder weniger deutliche Diskordanz von den archaischen getrennt, ebenso, wie ihre Grenze gegen das Paläozoicum durch eine weitere Diskordanz oft scharf bezeichnet ist.

Außerordentlich reiche Erzlagerstätten liegen stellenweise in diesen Gesteinen: so das berühmte Vorkommen von gediegenem Kupfer am Lake superior in Amerika, ferner Eisenerzlager, die mehr als $\frac{1}{4}$ der amerikanischen Eisenproduktion decken. In Südrussland liegt darin das äußerst wertvolle Eisenglanzvorkommen von Krivoi-Rog, nach anderen Forschern allerdings archaischen Alters, und algonkisches Alter hat wohl auch das südafrikanische Goldvorkommen von Witwatersrand.

Von besonderem Interesse ist ferner auch das Auftreten von echt glazialen Ablagerungen im Algonkium verschiedener Erdteile, d. h. von Moränen mit den bezeichnenden gekritzten Geschieben.

Daneben deuten aber auch gewisse Ablagerungen darauf hin, daß zeitweise da und dort ein heißes, wüstenartiges Klima herrschte, welches eine außerordentlich lebhafte, bezeichnende Verwitterungsart bedingt, die sich zum Teil im Habitus gewisser Gesteine widerzuspiegeln scheint.

Diese Erkenntnisse räumen endgültig mit der zum Teil früher herrschenden Anschauung von dem dauernd heißen Klima jener alten Zeiten auf, und wir sehen, daß Wüste und Vergletscherung zu verschiedenen Zeiten auf gewissen Teilen der Erde geherrscht haben, und daß deren Ablagerungen mit in die normale Erscheinungsform von Schichtgesteinen unserer Erde zu den verschiedenen Zeiten gehören:

Fossilreste sind sehr dürftig: einige Reste von Cephalopoden (?), Würmern, Stachelhäutern, Krustern, vielleicht Korallenartigen Formen, ferner Radiolarien und Schwämmen sind alles, was bis jetzt bekannt ist. An Pflanzen selbst kennen wir noch nichts, wir müssen aber aus der Existenz eines am Onegasee vorkommenden Anthrazitkohlenflözes von 2 m. Dicke schließen, daß sie gleichfalls schon bestanden haben.

Dieser Gegensatz gegenüber dem schon recht fossilreichen — und zwar an verhältnismäßig hoch organisierten Lebewesen reichen — Cambrium ist auffällig; zwar gilt natürlich der Satz, daß ein Gestein, je älter es ist, desto mehr nachträglichen Veränderungen ausgesetzt ist, wodurch etwa vorhandene Fossilreste unkenntlich gemacht worden sind. — Immerhin handelt es sich aber im Präcambrium vielfach um noch heute seit jener Zeit unverändert horizontal liegende Sedimente, in denen die Zukunft vielleicht noch manchen aufklärenden Fund bringen wird.

Innerhalb dieser, in Nordamerika z. B. bis zu 14 000 m mächtigen Gesteinsserie liegen zahlreiche Diskordanzen, die auf verschiedene gebirgsbildende Perioden und folgende Einebnung durch Abtragung schließen lassen — so besonders in Nordamerika, Skandinavien, Finnland; aber auch mit ihrer Hilfe ist bis heute noch keine allgemein gültige Einteilung geglückt. Doch herrscht die Auffassung, daß wir im Algonkium eine ganze Gruppe von Formationen, die zeitlich wohl mancher jüngeren gleichwertig sind, zu erblicken haben.

Neben den bereits genannten Vorkommen seien noch diejenigen von Schottland und Nordfrankreich genannt; manche Vorkommen von „Urgestein“ mögen auch sonstwo algonkisches Alter haben.

Mit der cambrischen Formation beginnt das Paläozoicum, eine im ganzen bis zu 30 000 m mächtige Folge aus verschiedenartigsten Gesteinen: bezeichnend vor allem ist die „Grauwacke“, ein klastisches Gestein („klaos“ griech. = ich zerbreche, d. h. aus Bruchstücken älterer Gesteine bestehend, „Trümmergestein“), das als ein oft feldspatführender Sandstein mit Bröckchen von

Ton-, Kiesel-schiefer u. a. m. definiert werden kann. Auf ihr häufiges, oft herrschendes Vorkommen bezieht sich der alte Name des „*Grauwacken*“, auch „*Übergangsgebirges*“ für den älteren Teil des Paläozoicums. Daneben treten alle anderen Sedimente auf und ferner zahlreiche Eruptivgesteine.

An organischen Einschlüssen darin sind zu nennen von Pflanzen besonders Angehörige der Gruppe der Bärlapp- und Schachtelhalmgewächse, d. h. Cryptogamen, während die Laubhölzer noch völlig fehlen. — Von Tieren besonders Crinoiden (Stachelhäuter oder Echinodermen) und ihre älteren Verwandten, die noch nicht so gesetzmäßig 5-strahligen Cystideen, deren Stiel und Arme viel schwächer entwickelt sind und ferner die Blastoiden. Außerdem sind Korallen, und zwar 4-strahlige — im Gegensatz zu den geologisch jüngeren 6-strahligen — und die Tabulaten — röhrenartige Korallenkelche mit zahlreichen Querböden („*tabulae*“) — vorhanden; Brachiopoden sind hier außerordentlich hoch entwickelt; von Cephalopoden spielen große röhrlige, z. T. gebogene Nautiloiden eine wichtige Rolle — unter den Krustentieren die Trilobiten. Warbeltiere sind nur durch Fische, Amphibien und wenige Reptilien vertreten.

Für das *Cambrium* mag es nur zur Not gelingen, aus der Beschaffenheit und der Verbreitung der Schichten in groben Zügen ein Bild der Erde zu entwerfen.

Zunächst erkennen wir in England, daß die ältesten Schichten dieser Formation aus Sandsteinen und Konglomeraten (= geröllreichen Schichten) mit allen Zeichen eines nahen Ufers beginnen, während die höheren cambrischen Schichten tieferes Wasser, wenn auch noch nicht allzu große Entfernung der Küste verraten. — Schon hier läßt sich die überall durchführbare Gliederung dieser Formation in drei Stufen, jede durch eine charakteristische Trilobitengattung gekennzeichnet, erkennen. — Meer bedeckte auch Skandinavien, jedenfalls im südlichen Teil bis ins westliche Finnland hinüber, und war in Rußland verbreitet, wo cambrische Schichten weithin die Unterlage der nächstfolgenden Formationen bilden. Während aber die Gesamtdicke des *Cambriums* hier oft auf nur gegen 100 m zu veranschlagen ist, erreicht es in England wohl bis zu 4000 m Mächtigkeit, ein Zeichen dafür, daß dort eine viel größere, allmähliche Absenkung des Untergrundes statt hatte. — In Südrußland und am Ural fehlt *Cambrium*, so daß wir dort wohl ein Festland annehmen müssen. Hingegen finden wir die Zeugen jenes Meeres wieder im südlichen Frankreich, der Pyrenäenhalbinsel und auf Sardinien, während sie in Italien und im östlichen Mittelmeerbezirk wieder fehlen. — In Böhmen transgredierte das Meer erst in mittelcambrischer Zeit, ein grobes Basiskonglomerat bildend; verschwand auch wieder von dort noch vor Beginn der Silurzeit.

In ganz Europa sehen wir neben einem da und dort feststellbaren Wechsel der Facies doch durchweg Ablagerungen eines verhältnismäßig flachen

Meeres, das im Süden wohl von einem großen Festlandblock, der Afrika, Indien und einen Teil von Australien umfaßte, begrenzt wurde.

Entsprechend sind auch in Asien cambrische Ablagerungen hauptsächlich im Norden verbreitet, reichen bis nach China und allerdings selbst in den zentralen Himalaja hinein, wo Schichten mit obercambrischen Trilobiten bis zu 6000 m hohen Gipfeln aufgetürmt sind.

In Amerika herrschten offenbar an seinem nördlichen atlantischen Saum ähnliche Ablagerungsverhältnisse, wie in Nordeuropa; das Innere von Nordamerika war aber zu Beginn des Paläozoicums Festland, und erst im Obercambrium wurde dieser „*algonkische*“ Block von einem flachen Meer überschwemmt. Erst in Nevada, Utah treffen wir wieder alle drei Abteilungen des *Cambriums*, als Zeichen, daß dort, wohl von präcambrischer Zeit her, Meerbedeckung herrschte. Der Pazifische Ozean hat wohl schon damals bestanden.

Unter den *Gesteinen* der cambrischen Zeit sind kalkige entschieden noch spärlicher als in späteren Zeiten vertreten. Tonschiefer spielen eine große Rolle — im nördlichen Wales befindet sich wohl die größte Dachschiefergewinnung der Welt. Daneben spielen Sandsteine, besonders zu Beginn, eine ziemliche Rolle. Eruptivgesteine unterbrechen nur vereinzelt die sedimentäre Gesteinsfolge.

Die z. T. reichliche *Fossilführung* hat besonders in Skandinavien eine Gliederung in einzelne „*Zonen*“ mit sehr zuverlässigen Leitfossilien erlaubt, die sich bis ins einzelne auch auf England übertragen läßt. — Von diesen organischen Resten verdienen hervorgehoben zu werden: Medusen im ältesten cambrischen Sandstein Schwedens, ferner Cystideen (s. o.), einzelne Schnecken und Muscheln, einige Cephalopoden; von Brachiopoden kommen überwiegend schloßlose, hornschalige Formen (*Lingula* und Verwandte) vor; unter den Krustern sind die Trilobiten bereits genannt. Diese beiden letzten Gruppen sind die wichtigsten. — Pflanzen sind bis jetzt unbekannt.

Im Gegensatz zum *Cambrium*, wo die Gesteine meist deutlich ihre Zusammensetzung aus archaischen und algonkischen Trümmern verraten, finden sich im *Silur* häufiger kalkige und mergelige (= kalk- und tonhaltige) Gesteine: kalkabscheidende Organismen, und zwar Korallen auf der einen — die häufig (besonders im Obersilur) förmliche Riffe bilden —, Kalkalgen auf der anderen Seite treten als Lieferanten des kohlensauren Kalkes für Schichtgesteine auf. Zugleich sehen wir hier die ersten ausgesprochenen Muschelbänke.

Das Meer im Norden hat sich seit der cambrischen Zeit etwas verschoben: in Skandinavien-Rußland erkennen wir ein großes marines Ablagerungsgebiet, wobei aber vielfach eine Unterbrechung der Sedimentation zwischen *Cambrium* und *Silur*, ja zum Teil Trockenlegung und Aufarbeitung der cambrischen Gesteine — d. h. vor-

übergehende Hebung des Sedimentationsareals — beobachtet werden kann. Bezeichnend für das Untersilur ist das Auftreten von Kalken mit großen, gerade gestreckten, röhrenförmigen Nautiloideen (*Orthoceras*), ferner mit zum Teil sehr dickschaligen Trilobiten und Cystideen. Im Obersilur entstanden kalkig-mergelige bis tonige Schichten, die durch ihren ausgezeichneten Fossilreichtum bekannt sind: so z. B. auf der Insel Gotland: hier treffen wir die ersten Korallenriffe, die, wenn auch naturgemäß aus anderen Gattungen und Ordnungen aufgebaut als die jetzigen, doch in ihrem Gesamthabitus durchaus mit ihnen übereinstimmen und uns deutlich verraten, daß die Voraussetzungen solch reichlicher Kalkausscheidung, wie sie in riffbildenden Organismen vor sich geht, nämlich warmes Meer und geringe Tiefe, d. h. durchlichtetes Wasser, damals dort erfüllt waren. — In wahrscheinlich etwas tieferen landferneren Partien des Silurmeeres kamen die so häufigen dunklen Schiefer zur Ablagerung, in denen wir als charakteristische Fossilien die *Graptolithen* finden: gekrümmte oder gerade laubsägeartig gezähnte Stäbchen, die der Gruppe der Hydrozoen zugerechnet werden, und offenbar vermittelst kleiner „Schwimmglocken“, an denen sie in größerer Anzahl steckten, umhergetrieben wurden.

Weit nach Rußland erstreckte sich jenes Meer hinein, bis an das polnische Mittelgebirge und an den Dnestr, wo es freilich erst zur Obersilurzeit etwas über den Rand des podolischen Granitfestlandes übergriff.

Zugleich bedeckte es einen großen Teil von Großbritannien: in Wales und Shropshire bilden sich zur Untersilurzeit offenbar strandnahe Ablagerungen, die zudem charakterisiert sind durch häufige vulkanische Ergüsse. Sodann ist diese Gesteinsfolge zum Gebirge zusammengefaltet und wieder abgetragen worden, worauf aufs neue im Obersilur das Meer transgredierte — in Irland und im nördlichen England deutlich klastische Schichten und im südlichen Schottland vollends entschieden landnahe Gesteine mit Resten von Landpflanzen, Skorpionen ablagernd. In der Tat lag noch weiter im Norden ein Festland, aus Urgebirge und cambrischen Gesteinen bestehend, und erst im Devon wieder zum Ablagerungsgebiet sich wandelnd. Hier spielten sich im Silur gleichfalls Vorgänge der Gebirgsbildung, und zwar in größerem Maßstab ab, deren Ausläufer wir in Wales kennen gelernt hatten, und in deren Folge das mächtige „caledonische“ Gebirge entstand, dessen Fortsetzung aus Schottland her auch in Skandinavien verfolgt werden kann, so daß dort (so im südlichen Norwegen) die silurischen Schichten aufs stärkste gefaltet, übereinander geschoben und metamorphosiert sind, während sie im mittleren Schweden, ebenso in Rußland, bis heutigen Tages fast ungestört horizontal liegen geblieben sind. — Andererseits transgrediert im Zusammenhang mit dieser Gebirgsbildung das Obersilur auch im Peschoragebiet

und auf Nowaja Semlja über gefalteten vorcambrischen Gesteinen.

Die Schichten, die sich in diesem nördlichen Silurmeer abgelagert haben, sind sehr mannigfaltig ausgebildet und zum Teil ungeheuer fossilreich, so daß sie sich, besonders in England, wo sie 6000 bis 7000 m Mächtigkeit erreichen, frühzeitig in zahlreiche Unterabteilungen gliedern ließen, die zum Teil über die ganze Erde verfolgt werden können. Zudem lassen sich die faciiellen Unterschiede zwischen Graptolithenschiefer und kalkig-mergeliger Ausbildung in dem bereits oben angedeuteten Sinne auswerten.

Gegen die Devonzeit zu läßt sich ein allmählicher Übergang zu dessen charakteristischen Ablagerungen z. B. im baltischen Gebiete beobachten.

Die fossilreichen Gesteine besonders des baltischen Silur sind während der Diluvialzeit durch das Eis über weite Teile Norddeutschlands verfrachtet worden und als solche weithin bekannt.

Recht verschieden von den bisher besprochenen Verhältnissen sind die Silurablagerungen in Mittel- und Südeuropa. Durch die landpflanzenführenden Schichten des Kellerwaldes, ferner den Strandcharakter belgischer obersilurischer Schichten wird der Gedanke an eine gewisse Trennung zwischen den zwei Ablagerungsgebieten durch Landauftragungen nahegelegt. Hier finden wir im Untersilur ausgesprochene Trümmergesteine, eisenschüssigen Sandstein, ja geradezu Eisensteinlager, deren Eisen wohl auf gewaltige submarine vulkanische Ergüsse von basischem Material zurückzuführen ist. Im Obersilur sind die Ablagerungsverhältnisse entschieden ruhiger: Grapholithenschiefer bilden sich da und dort. Durchweg ist das Obersilur weiter verbreitet als das Untersilur. Besonders gut bekannt sind die Silurschichten des bereits genannten böhmischen Beckens (zwischen Prag und Pilsen), und an seine Gliederung schließt sich diejenige im Fichtelgebirge, im Harz, im südlichen Zentralplateau Frankreichs, in der Pyrenäenhalbinsel, auf Sardinien und selbst im nordwestlichen Afrika an: wir sehen also das Meer nach Süden bereits gegen den alten afrikanischen Festlandssockel etwas Raum gewinnen.

In Sibirien lagerten sich gleichfalls silurische Schichten ab, wobei die interessante Tatsache zu bemerken ist, daß im Untersilur zum Teil Eindampfung gewisser Meeresteile infolge warmen Klimas stattgehabt hat: finden wir doch hier Gips- und Salzlager, wie übrigens auch im nördlichen Amerika. Das Obersilur schließt sich durchaus der skandinavisch-gotländischen Ausbildung an. — In ganz entsprechender Weise griff ein arktisches Silurmeer auch auf Nordamerika über, im Obersilur transgredierend. — In Asien reichen silurische Schichten, wieder nach einer deutlichen Trockenlegung zwischen Cambrium und Silur, bis in den zentralen Himalaya, auch in China sind sie weit verbreitet. — Im ganzen Umkreis dieses arktischen Meeres bilden sich, wie auf Gotland, Korallenriffe, wie denn überhaupt

ein sehr vollständiger Austausch seiner Fauna zwischen Nordeuropa und Nordamerika stattfand.

Die Tierwelt jener Zeit zeigt uns eine sehr kräftige Entwicklung der Nautiloideen, ferner der schloßtragenden Brachiopoden, dann der Korallen (Riffe in Gotland) und Crinoiden, schließlich der Trilobiten mit hochentwickelten Augen und Einrollungsvermögen (im

Gegensatz zu den cambrischen), und der fast nur im Silur vorkommenden Graptolithen. Erwähnenswert sind die gegen Ende der Silurzeit erscheinenden Gigantotraken: krusterartige Riesenformen (bis zu 2 m lang), und die merkwürdigen Panzerfische — beide noch bis ins folgende Devon hineinreichend und dort erlöschend. Der ersten, zusammen mit den ältesten Landpflanzen vorkommenden Insekten (Skorpionen, Myriapoden) ist schon gedacht. (Fortsetzung folgt.)

Besprechungen.

Bräuer, Adolf, und J. d'Ans, Fortschritte in der anorganisch-chemischen Industrie an Hand der Deutschen Reichspatente. I. Band 1877—1917. Berlin, Julius Springer, 1921/23. 1. Teil VIII, 1184 S., 60 Goldmark; 2. Teil IV, 1443 S., 72 Goldmark. 3. Teil IV, 1285 S., 80 Goldmark.

Nach dem Vorbilde *Paul Friedländers*, der die Fortschritte der Teerfarbenindustrie durch Zusammenstellung der Patentliteratur nach rationellen Gesichtspunkten bequem zugänglich gemacht und durch einleitende Darstellungen zu den gruppenweise geordneten Patenten Übersicht und Bewertung ermöglicht hat, wird auf seine Anregung in dem vorliegenden Werke das gleiche für die anorganisch-chemische Industrie unter-
nommen.

Die Aufgabe ist hier noch schwieriger als bei den Teerfarbstoffen, weil der Gegenstand breiter und mannigfaltiger und die Bewertung des einzelnen Patenten wie die Einführung in die einzelnen Abschnitte die umfassendste Sachkenntnis voraussetzt. Die Gewinnung geeigneter Mitarbeiter wird ganz unentbehrlich, und die Abstimmung ihrer Beiträge zu einem einheitlichen Ganzen gestaltet sich in sich zu einer Kunst und einem Verdienst. Die Herausgeber sind den Schwierigkeiten in der rühmenswertesten Weise gerecht geworden. Sie haben sich zunächst auf die Verfahren der anorganisch-chemischen Industrie im engeren Sinne beschränkt, die in den Patentklassen 12 i bis n gesammelt sind, und hinzugenommen Klasse 16 Gruppe 1—5 anorganische Düngemittel und Klasse 22 f Körperfarben. Zur Ergänzung sind die in den Klassen 12 g und 12 h enthaltenen Patente über allgemeine rein chemische und elektrochemische Verfahren und Apparate berücksichtigt sowie solche Patente aus anderen Klassen, die mit dem behandelten Gegenstande in engerem Zusammenhange stehen. Das Hüttenwesen, die Metallbearbeitung, Zündwaren, Glasindustrie, Keramik, Mörtel und Zement sind zunächst außer Betracht gelassen worden. Von besonderem Werte ist, daß in den Kapiteleinleitungen der Stand der Technik vor dem Jahre 1877, dem Einführungsjahre des deutschen Patentgesetzes, kurz beschrieben und mit einer gedrängten Übersicht der späteren Fortschritte so verbunden ist, daß ein Übersichtsbild der Entwicklung von ihrem Anbeginn erreicht ist. Zweckmäßigerweise sind nur die 1910 noch bestehenden und von da ab erteilten Patente im Wortlaut wiedergegeben, während die älteren in Ermangelung ungewöhnlicher Bedeutung auszugsweise mitgeteilt sind.

Es steht zu erwarten, daß der 2. Band, der die Jahre 1918—1921 umfaßt, im nächsten Jahre folgen wird. So dürfen wir voraussehen, daß wir in wenigen Monaten die vollständige Behandlung des Gegenstandes von der Einführung des deutschen Patentgesetzes bis in das laufende Jahrzehnt in unseren Händen haben und damit um ein Hilfsmittel bereichert sein werden,

dessen Bedeutung für die Bearbeitung dieses Gebietes nicht hoch genug geschätzt werden kann.

Die drei Gefahren der Unvollständigkeit, der Unübersichtlichkeit und der falschen Bewertung, die durch die Natur des literarischen Stoffes überaus nahe gerückt sind, sind die Klippen, die uns bei Benutzung der älteren anorganisch-technologischen Darstellungen immer wieder in den Weg treten. Niemals hat sich dies stärker fühlbar gemacht als in der Zeit der wirtschaftlichen Wertänderungen, die wir durchleben. Eine technisch durchführbare Lösung, die einmal geprüft und als wirtschaftlich unzweckmäßig erkannt war, bewahrte diesen Charakter früher mit ungleich größerer Wahrscheinlichkeit; die gegenwärtige Periode macht es erforderlich, alle Zusammenhänge erneut an Hand der Originalvorschläge nachzuprüfen und gibt einer vollständigen übersichtlich gegliederten, und mit vorsichtigem Urteile begleiteten Darstellung der Patente besonderen Wert. Deshalb darf das vorliegende Werk mit der besten Empfehlung begleitet werden.

F. Haber, Berlin-Dahlem.

Aston, F. W., Isotope. Autorisierte Übertragung ins Deutsche von Dr. *Elsa Norst-Rubimovicz*. Leipzig, S. Hirzel, 1923. X, 163 S., 21 Figuren im Text, 4 Tafeln und ein Bildnis des Verfassers. 15 × 23 cm. Preis Gz. geh. 3; geb. 5.

Astons Buch bringt in der Hauptsache eine Schilderung seiner berühmten Untersuchungen über die atomistische Zusammensetzung der chemischen Elemente, also eine genaue Beschreibung seines „Massenspektrographen“ und der mit ihm erzielten Ergebnisse. Entsprechend dem umfassenderen Titel sind die eigenen Forschungen des Verfassers aber hineingestellt in den allgemeinen Rahmen der Isotopenforschung. Einer historischen Einleitung, die bis auf *Dalton* und *Prout* zurückgreift, folgt zunächst die Geschichte der Aufstellung des Isotopiebegriffs; hier und an anderen Stellen des Buches behandelt *Aston* mit besonderer Vorliebe die phantasiereichen Spekulationen von *Crookes*, wobei es fraglich sein kann, ob man ihm darin folgen wird, in den *Crookes'schen* „Metaelementen“ — die sich doch in den chemischen und spektroskopischen Eigenschaften merklich voneinander unterscheiden sollten — eine Vorahnung der Isotope zu erblicken¹⁾. Die erste klare Fassung des Begriffs der Isotopie in seiner fundamentalen neuen Bedeutung findet sich erst bei *Soddy*, dessen bekannte Ausführungen aus dem Jahr 1911 *Aston* im Wortlaut wiedergibt. Die Benutzung des Isotopiegedankens in der hierauf folgenden Entwicklung der Radiumforschung — Verschiebungssätze, Atomgewichtsbestimmungen an Blei radioaktiven Ursprungs, Radioelemente als Indikatoren — bespricht der Autor ver-

¹⁾ Vgl. dazu auch den Vortrag von *F. Soddy* vor der Royal Institution am 4. Mai 1923 (*Nature* 112, 208 (1923)).

hältnismäßig kurz; er will, wie er im Vorwort erklärt, der Behandlung dieses Themas von berufenerer Seite nicht vorgreifen.

Mit dem Übergang zu den positiven Strahlen und ihrer Verwendung zur chemischen Analyse durch *J. J. Thomson* kommt *Aston* zu seinem eigenen Arbeitsgebiet. Der erste Fall einer Beobachtung von Isotopie bei einem nicht radioaktiven Element, dem Neon, wird ausführlich beschrieben, ebenso auch die schon im Jahre 1913 unternommenen mühsamen und nur zu minimalen Ergebnissen führenden Versuche, eine Entmischung der beiden Neonisotope durch Diffusion herbeizuführen. Das fünfte, sechste und siebente Kapitel ist dem von *Aston* konstruierten „Massenspektrographen“ gewidmet; wenn man bedenkt, daß die wahren Atomgewichte der meisten chemischen Elemente uns nur durch die Aussagen dieses einen, im Cavendish-Laboratorium in Cambridge aufgebauten Apparates bekanntgeworden sind, wird man die Bedeutung einer detaillierten Beschreibung des Massenspektrographen, wie sie von *Aston* hier unter Benutzung mehrerer Zeichnungen und einer photographischen Aufnahme gegeben wird, zu würdigen wissen. Die mit dem Spektrographen ausgeführten Elementuntersuchungen, die in der Zeitschriftenliteratur nur zerstreut zu finden sind, wurden hier übersichtlich zusammengestellt, allerdings nur bis Anfang des Jahres 1922; es ist schade, daß in die beträchtlich später erschienene deutsche Übersetzung nicht wenigstens die Zahlenwerte der später von *Aston* ausgeführten Atomgewichtsbestimmungen in Form eines Anhangs Aufnahme gefunden haben.

Die Schlußkapitel des Buches sind der Diskussion der Versuchsergebnisse gewidmet, wobei der Verfasser auch auf einige allgemeinere Fragen, wie die elektrische Theorie der Materie, die Definition des Elementbegriffs, die verschiedenen Ansichten über die Entwicklung der Materie u. dgl. zu sprechen kommt. Zuletzt werden die Spektren der Isotope und die neuen, erfolgreichen Versuche zu ihrer Trennung behandelt; ein Anhang bringt neben Tabellen noch einige neuere Ergebnisse der Kanalstrahlenanalyse von *Dempster*, dessen Apparat bereits früher genau beschrieben wird.

Unsere Besprechung wäre unvollständig, wenn wir nicht auch auf die Arbeit der Übersetzerin kurz eingingen. Solange die deutschen Übersetzungen fremdsprachiger Bücher wesentlich billiger sind als die Originale, wird die deutsche Ausgabe eines so grundlegenden Werkes, wie es das vorliegende Buch *Astons* ist, von der deutschen Wissenschaft stets mit Freude und Dankbarkeit begrüßt werden. Dazu sei gleich hier bemerkt, daß der Verlag das Buch so vorzüglich ausgestattet hat — neben den tadellos reproduzierten Tafeln der Massenspektrogramme findet man auch ein Portrait *Astons* —, daß die Grundzahl 3 (für das geheftete Exemplar) als sehr mäßig bezeichnet werden kann. Doch, abgesehen von den materiellen Vorzügen, welche die Übersetzung vor dem Original voraus hat, wüßten wir wenig an ihr zu rühmen, da wir den wichtigsten Vorteil anderer Übersetzungen, die Erleichterung des Verständnisses, im vorliegenden Fall nur für Leser, die des Englischen völlig unkundig sind, gelten lassen können. Wir glauben, daß alle jene, die nur einigermaßen die englische wissenschaftliche Sprache beherrschen, manche dunkle Stellen der Übersetzung sofort mühelos verstehen werden, sobald sie Einblick in den englischen Text erhalten.

Dem Referenten wenigstens ist es gleich auf der ersten Seite der Einleitung so ergangen, als er — nachdem die Vervollkommnung der experimentellen Methodik erwähnt worden war — las: „Es war nun zu er-

warten, daß die physikalischen Theorien, die der angewandten Chemie zugrunde liegen und eine feste mathematische Begründung ihrer Formeln bilden, einer solch beispiellosen Prüfung unterworfen, bisher unvermutete Fehler zeigten. Diese Erwartungen begannen sich zu verwirklichen, als von den radioaktiven Elementen aus *Boltwoods* Trennung des Ioniums vom Thorium fehlschlug, und als von den inaktiven Elementen aus Sir *J. J. Thomson* ein paar Jahre später das anomale Verhalten des Neons beobachtete, das der Kanalstrahlenanalyse unterworfen wurde. Weitere, noch feinere und sorgfältigere Prüfungen deckten diese Fehler auf, wie es ja immer sein muß, wenn sie wirklich vorhanden und nicht nur ein zufälliger und zwangloser, sondern ein bestimmter und schließlich verständlicher Vorfall sind. Die Klarlegung der dabei aufgedeckten Fälle ist es nun, mit der sich dieses Buch beschäftigt, so daß es nützlich sein wird, einen Rückblick über ein Jahrhundert bis zur Entstehung der Theorien zu machen, die den Hintergrund der ersten Beobachtungen bilden.“

Erst als es dem Referenten möglich war, das Original zu erhalten, wurde ihm klar, daß eine richtige Übersetzung ungefähr so lauten muß: „Bei der Anwendung so neuartiger Prüfungsmethoden konnte man erwarten, daß die wichtigen physikalischen Theorien, welche der angewandten Wissenschaft der Chemie zugrunde liegen und ein sicheres mathematisches Fundament für ihre Formeln bilden, Risse zeigen würden, deren Vorhandensein man früher nicht angewöhnte. Diese Erwartungen begannen sich zu erfüllen, als im Gebiet der Radioelemente *Boltwood* das Ionium nicht vom Thorium trennen konnte, und als Sir *J. J. Thomson* ein paar Jahre später im Gebiet der inaktiven Elemente das ungewöhnliche Verhalten des Neons bei der Analyse mittels positiver Strahlen beobachtete. Die fortgesetzte, noch feinere und sorgfältigere Prüfung dieser Risse enthüllte sie — wie es immer sein muß, wenn sie real sind — als nicht zufällig und zusammenhanglos, sondern als ein bestimmtes und schließlich verständliches Muster. Es ist die Deutung dieses so enthüllten Musters, womit sich dieses Buch beschäftigt, und daher wird es von Interesse sein, etwa ein Jahrhundert zurückzublicken bis zur Entstehung der Theorien, welche den Hintergrund bilden, gegen den es zuerst beobachtet worden ist.“ Der Übersetzerin ist das eigenartige, aber sehr anschauliche Bild von den „Rissen“ (flaws) in den Theorien, welche ein „Muster“ (pattern) bilden, vollständig entgangen und sie hat sich mit recht dunklen Sätzen über den Abschnitt hinweggeholfen.

Und das ist kein vereinzelter Fall. Man lese etwa folgenden Satz (S. 17) (der übrigens ebenso wie der oben zitierte auch typisch für das Deutsche ist, in dem die Übersetzung geschrieben ist): „Die Theorie der Isotopen, als deren so ausgezeichneten Anwalt sich Professor *Soddy* selbst erwiesen hat, erhielt ihre herrlichste Ehrenrettung, soweit es die radioaktiven Produkte betrifft, aus der Hand der echten Chemiker, der Spezialisten in der Bestimmung der Atomgewichte, die am meisten Grund haben, ihre allgemeine Anwendbarkeit anzuzweifeln.“ Was soll hier, fragt man sich, der Gegensatz zwischen *Soddy* selbst und den echten Chemikern? Nun, „Professor *Soddy* has proved himself“, heißt ja gar nicht *Soddy* selbst, und „the very chemists who had most reason to doubt“ heißt beileibe nicht „die echten Chemiker“, sondern „gerade jene Chemiker, welche am meisten Grund zum Zweifel hatten“, echte Chemiker sind wohl auch jene, die keine Atomgewichte bestimmen. Unrichtig ist

auch schon im Inhaltsverzeichnis der Titel des 6. und 7. Kapitels; „analysis of the elements“ darf nicht mit „Zerlegung“ der Elemente wiedergegeben werden, sondern heißt „Analyse“, „Untersuchung“ der Elemente. (Derselbe Fehler wiederholt sich in den fett gedruckten Überschriften der beiden Kapitel, wo er besonders störend wirkt.) „Worded as above (the exception in the case of hydrogen is avoided)“ kann nie heißen: „Wie oben besprochen (ist die Ausnahme im Falle des Wasserstoffs behoben)“ (S. 117), sondern: „wenn (die Regel) so formuliert wird, wie es oben geschehen ist“. Unverständlich und undeutsch ist: „Dissoziation von Atom zu Atom“ (S. 126), „dissociation of atoms from atoms“ heißt „Trennung der Atome voneinander“. Auch muß man Eigenschaften „als“ fehlend, nicht „für“ fehlend ansehen (S. 125). Wenn *Aston* von „all matter available in nature“ (der Analyse zugänglich) spricht, darf man nicht übersetzen „alle in der Natur vorhandene Materie“ (S. 127), um diese und ähnliche Übersetzungsfehler zu vermeiden, ist eigentlich noch gar kein Verständnis des Inhalts, sondern nur die etwas fleißigere Benützung eines englisch-deutschen Wörterbuches erforderlich.

Diese Beispiele sind aus den verschiedensten Stellen willkürlich herausgegriffen; nach Lektüre des ganzen Buches kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die Übersetzerin die englische Sprache nicht ausreichend beherrscht, um sie stets richtig zu verstehen, und die deutsche wohl besser, aber doch nicht genügend, um sie in angenehmer lesbarer Form zu schreiben. Dies ist um so mehr zu bedauern, als es sich hier um ein Buch handelt, das für Physiker und Chemiker gleich hohes Interesse beanspruchen darf. Und darum sei zum Schluß nochmals betont, daß allen jenen, welchen die englische Ausgabe nicht erreichbar ist, die vorliegende deutsche Übersetzung trotz ihrer leider großen Mängel gute Dienste leisten kann, um eine der interessantesten und erfolgreichsten Methoden der heutigen Naturwissenschaft kennenzulernen.

Fritz Paneth, Berlin.

Wien, W., Goethe und die Physik. Vortrag, gehalten in der Münchener Universität. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1923. 39 S. 14 × 22 cm. Preis Gz. 1.2.

W. *Wien* hat seine Kollektaneen zu dem Thema *Goethe und die Physik* zu einem Vortrage verwendet. Er hat daraus etwa vierzig Stellen gespendet, zum überwiegenden Teil aus den Maximen und Reflexionen, der Farbenlehre und dem zweiten Teile *Faust*, daneben einige aus den Wanderjahren und dem ersten Teil *Faust*. Als Vortrag wird die Aneinanderreihung selbst den Goethekenner schließlich ermüdet haben, als Druckschrift aber ist sie für jeden, der sich ernsthaft mit Goethe beschäftigt, von großem Wert; ganz zu schweigen von dem, der ein Studium aus ihm macht. So groß auch der Kreis sein mag, der sich für Goethes erkenntnistheoretisches Verhältnis zur Physik interessiert, sehr viel mehr Leser würde eine Sammlung von Stellen finden, aus denen hervorgeht, daß in Goethes Unterbewußtsein die Physik dauernd vorhanden war, so andauernd, daß er, „der ewige Gleichnismacher“, sie auf Schritt und Tritt zu Gleichnissen benutzte. Seine Dichtungen enthalten sie in Hülle und Fülle, und in den Briefen begegnet man ihnen allenthalben. Nur ein physikalisch Interessierter schreibt z. B.: Wie ein Stein geschwinde fällt, je länger er fällt, so scheint es auch mit dem Leben zu gehen, oder: Solche Kinder, in fremde Verhältnisse versetzt, kommen mir vor wie Vögel, die man in einem Zimmer fliegen

läßt; sie fahren gegen alle Scheiben, und es ist schon Glück genug, wenn sie sich nicht die Köpfe einstoßen, ehe sie begreifen lernen, daß nicht alles Durchsichtige durchdringlich ist. Die Briefe bilden eine wahre Schatzkammer von derartigen Gleichnissen und Wendungen. Eine solche Sammlung, von einem Physiker angelegt, wäre für die Goetheforschung von großem Wert und würde mancherlei Belehrung zutage fördern und mancherlei unzutreffende Deutung verhindern oder beseitigen. Z. B. die Stelle am farbigen Abglanz haben wir das Leben“ liest wohl jeder Physiker als ein physikalisches Gleichnis. Der farbige Abglanz geht auf den Regenbogen, und das tertium comparationis zwischen dem Regenbogen und dem Leben ist die Dauer im Wechsel (die Stelle spricht von „des bunten Bogens Wechseldauer“). *Erich Schmidt* hat diese Deutung auch ganz richtig (in einer Fußnote der Jubiläumsausgabe) gegeben, aber es darf fast als symptomatisch gelten, daß ein anderer unserer scharfsinnigsten Goetheforscher diese Deutung auf das entschiedenste zurückweist und die Stelle auf die platonische Ideenlehre bezogen wissen will. Gleichviel, wer recht hat — eine solche von einem Physiker veranstaltete Sammlung ist ein pium desiderium, denn Goethes Gleichnisse sind, wie schon *Riemer* bemerkt hat, gewöhnlich dem entnommen, was ihn gerade umgab oder beschäftigte, und Goethe war sein ganzes Leben lang auf das vielseitigste naturwissenschaftlich interessiert und beschäftigt, und ganz besonders mit physikalischen Fragen.

Arn. Berliner, Berlin.

Geologisches Archiv. Zeitschrift für das Gesamtgebiet der Geologie. Herausgegeben von Prof. Dr. E. Kraus, Königsberg. Heft 1 und 2, Bd. I, 1923.

Die Zeitschrift ist ein neues Unternehmen und soll vor allem dem Mangel an Publikationsmöglichkeiten für geologische Arbeiten abhelfen; die bekannten älteren Zeitschriften sind ja derart überlastet, daß neue Arbeiten zum Teil Jahre liegen müssen, ehe sie herauskommen können. Die neue Zeitschrift ist mit Schreibmaschine hergestellt und auf dem Stein vervielfältigt, wodurch eine billige Herausgabe ermöglicht wird. Format und Druck sind daher etwas ungewöhnlich, aber das Unternehmen ist zu begrüßen, weil es in der Tat einigen Forderungen der Zeitverhältnisse entgegenkommt und die Fortdauer des geologischen wissenschaftlichen Lebens in Deutschland fördert.

Das erste Heft enthält eine interessante Studie von *Gutenberg* (Darmstadt) über eine Analyse des Aufbaues der Erde durch Erdbebenbeobachtungen. Die schon vermutete, aber hier näher begründete Feststellung eines verschiedenen Verhaltens der Kontinente und Ozeane, das wohl auf stofflichen Unterschieden beruht, ist recht bemerkenswert. Ein Beitrag von *Lehmann* (Halle) behandelt die Gesteinskluft Mitteldeutschlands und kommt zu der Unterscheidung zweier Kluftnetze, von denen das eine jungpaläozoisch (frankonisch), das andere mesozoisch (saxonisch) ist. Der dritte, im zweiten Heft fortgesetzte Beitrag von *Schwarz* (Königsberg) ist für den Praktiker und den Geologen von gleicher Bedeutung, da er manche beachtenswerten Winke für die bodenkundlichen Darstellungen auf geologischen Karten bringt. Das zweite Heft bringt einen paläontologischen Aufsatz von *Roepeke*, einen Aufsatz von A. *Schmidt* über die Diluvialgeschichte des Frankenhäuser Tales und Erdbebenbeobachtungen in Ostpreußen von *Errulat*.

S. v. Bubnoff, Breslau.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 47. (Seite 929—944.)

23. November 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über Alterserscheinungen bei Insekten und ihre bekämpfungspyysiologische Bedeutung. Von *Ernst Janisch, Berlin-Dahlem*. (Mit 1 Abbildung). S. 929.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung: Historische Geologie. (Fortsetzung.) Von *E. Wepfer, Freiburg i. Br.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 931.

Besprechungen:

Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. 2. Band. 2. Auflage. Von *M. Born, Göttingen*. S. 937.

Strasser, Hans, Einsteins spezielle Relativitätstheorie eine Komödie der Irrungen. Von *M. v. Laue, Berlin*. S. 937.

Cermak, P., Die Röntgenstrahlen. Von *Lise Meitner, Berlin-Dahlem*. S. 937.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

„Intarvin“, ein neues synthetisches Heilmittel

gegen Diabetes. Von *Ralph H. McKee, New York*. S. 938.

Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. S. 938.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Die Siebenbürger Sachsen. S. 940.

Der internationale Physiologenkongreß in Edinburgh. S. 940.

Physiologische Mitteilungen. S. 941-943.

Eine Vorlesung über die Physiologie des Insulins. Der Einfluß des Ernährungszustandes des Tieres auf die Insulinhypoglykämie. Das Auftreten der Ketonkörper im Urin normaler Kaninchen bei Insulinhypoglykämie. Insulin. Untersuchungen über die Physiologie der Leber. Der Ursprung des Insulins.

Astrophysikalische Mitteilungen. S. 944.

Das Spektrum des Nordlichtes.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Isostasie und Schweremessung

Ihre Bedeutung für geologische Vorgänge

von

Dr. A. Born

a. o. Professor der Geologie an der Universität Frankfurt a. M.

Mit 31 Abbildungen. (IV, 160 S.)

9 Goldmark / Für das Ausland 2,20 Dollar

Inhaltsübersicht:

Die Lehre von der Isostasie — Die Voraussetzungen — Die Schweremessung — Der heutige Gleichgewichtszustand der Erdkruste — Pseudo-Anisostasien — Theoretische Erörterungen zum Ablauf isostatischer Vorgänge — Isostasie und Orogenese — Diluviale Vereisung und Isostasie — Sedimentation und Abtragung — Die ozeanischen Vulkaninseln — Isostasie und Erdbeben — Lokale und regionale Kompensation — Isostasie und Großformen der Erde — Nachtrag.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark. Einzelnummer 0,80 Goldmark zuzüglich Porto.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius
Konten		Springer, für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Die Funktionen des Stirnhirns

ihre Pathologie und Psychologie

von

Erich Feuchtwanger

(IV, 194 S.) 12 Goldmark — Fürs Ausland 2,90 Dollar

(Heft 38 der Monographien aus dem Gesamtgebiete der Neurologie und Psychiatrie.)

Heft 37 der Monographien aus dem Gesamtgebiete der Neurologie befindet sich im Druck.

Klinik und pathologische Anatomie der Erkrankungen des extrapyramidalen Systems. Mit besonderer Berücksichtigung der Pathophysiologie der Bewegungsstörungen. Von Privatdozent Dr. A. Jacob, Hamburg-Friedrichsberg. Mit etwa 160 Abbildungen.

Heft 36 der Monographien aus dem Gesamtgebiete der Neurologie. **Studien über Vererbung und Entstehung geistiger Störungen.** Herausgegeben von Ernst Rüdin-München.

IV. Schizoid und Schizophrenie im Erbgang. Beitrag zu den erblichen Beziehungen der Schizophrenie und des Schizoids mit besonderer Berücksichtigung der Nachkommenschaft schizophrener Ehepaare. Von Dr. Eugen Kahn, stellv. Oberarzt der Psychiatrischen Universitätsklinik München. Mit 31 Abbildungen und 2 Tabellen. (IV, 144 S.) 1923. 7 Goldmark / 1,70 Dollar

Heft 35: **Seele und Leben.** Grundsätzliches zur Psychologie der Schizophrenie und Paraphrenie, zur Psychoanalyse und zur Psychologie überhaupt. Von Dr. med. et phil. Paul Schilder, Privatdozent der Universität Wien, Assistent der Psychiatrischen Klinik. Mit 1 Abbildung. (IV, 200 S.) 1923. 9,70 Goldmark / 2,35 Dollar

Heft 34: **Die Lehre vom Tonus und der Bewegung** zugleich systematische Untersuchungen zur Klinik, Physiologie, Pathologie und Pathogenese der Paralysis agitans. Von F. H. Lewy, Professor an der Universität Berlin. Mit 569 zum Teil farbigen Abbildungen und 8 Tabellen. (VII, 673 S.) 1923.

42 Goldmark; geb. 45 Goldmark / 9,60 Dollar; geb. 10 Dollar

Über Alterserscheinungen bei Insekten und ihre bekämpfungsphysiologische Bedeutung.

Von Ernst Janisch, Berlin-Dahlem.

In Haushaltungen, Lebensmittellagern und Nahrungsmittel- und Teigwarenfabriken hat sich in und nach dem Kriege der Brotkäfer *Sitotrepia panicea* L. aus der Gruppe der Bohrkäfer (Anobiidae), ein etwa 2—3 mm langes kurzwalzenförmiges rötlichbraunes Tier, als starker Schädling bemerkbar gemacht, dessen stärkeres Auftreten durch die lange Lagerung von stärkehaltigen Lebensmitteln günstig beeinflusst wurde. Die Schädigungen waren oft recht erheblich, da Graupen, Nudeln, Suppenwürfel, Bohnen usw. vielfach völlig zerfressen wurden. Auch an Drogen, selbst den giftigsten, in Bucheinbänden, Insekten- und sonstigen Sammlungen wird der Brotkäfer oft recht schädlich. Aus diesen Gründen war eine eingehende bekämpfungsbiologische Untersuchung dieses Schädlings wünschenswert geworden, deren Ergebnisse in einer kürzlich erschienenen Arbeit¹⁾ niedergelegt sind. Dabei konnte ich auch einige Tatsachen über Alterserscheinungen vorlegen, deren allgemeine und speziell angewandte biologische Bedeutung es recht fertigt, die Erscheinungen einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen, zumal noch im Gange befindliche Untersuchungen an anderen Vorratsschädlingen ähnliche Resultate sichtbar werden lassen. Die experimentelle Auswertung der bisher gewonnenen Grundlagen nach der toxiologischen Seite hin läßt bereits sehr innige Beziehungen zwischen Alter und Sterblichkeit z. B. durch Vergiftung (= Anfälligkeit) erkennen, die geeignet erscheinen, manche Widersprüche in der Literatur aufzuklären und eine exakte Grundlage für Bekämpfungsversuche überhaupt wie auch für die Prüfung von Mitteln zu schaffen.

Zur Einführung schicke ich eine kurze Beschreibung des Lebenslaufs des Brotkäfers voraus. Die aus dem Ei schlüpfende Junglarve ist durch relativ flachen Körper, relativ lange Beine, die fast doppelt so lang sind im Verhältnis zur Größe wie die der Larve IV, durch Tasthaare am Kopf und Stütz- und Schlepphaare am Abdomen und durch den Besitz von Nachschiebern am After schon morphologisch als Wanderlarve charakterisiert und dadurch deutlich von den übrigen Larvenstadien unterschieden. Nach dem Schlüpfen begibt sich die Larve I auf eine chemotaktisch orientierte Suchwanderung und bohrt sich, am

Nährmaterial (stärkekaltige Stoffe) angelangt, unter dem Einfluß thigmotaktischer Reizbarkeit in dasselbe ein, wo sie innerhalb eines Kokons bis zur Verpuppung verbleibt. Die Puppenwiege ist völlig geschlossen, so daß der Jungkäfer sich herausbohren muß. Den Anlaß dazu gibt ein rasch ansteigender Sauerstoffhunger des Jungkäfers, der nach dem Verlassen des Kokons schnell maximal befriedigt wird. Der nunmehr geschlechtsreife Käfer ist in seinem Verhalten während der Kopulationszeit und der Eiablage stark thigmotaktisch reizbar, d. h. an Räume gebunden, die seinem Anlehnungsbedürfnis Rechnung tragen (= haplentische Räume). Während dieser Zeit ist der Sauerstoffbedarf fast gleichbleibend stark, die Kohlensäureabgabe läuft mit diesem fast parallel. Phototaktisch sind die Tiere wenig reizbar.

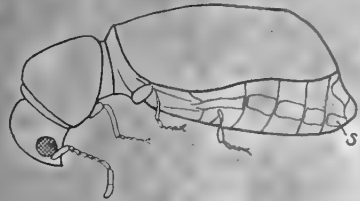


Fig. 1. Eben aus der Puppe geschlüpfter Jungkäfer (*Sitotrepia panicea*) halbschematisch, 10 : 1, S = Seitenfeil (nach E. Janisch 1923, Fig. 11).

Für die zur Rede stehenden Alterserscheinungen ist als grundlegende Erkenntnis wichtig, daß die Tiere während der ganzen Lebenszeit als Käfer keine Nahrung aufnehmen, d. h. daß sie ihren Gesamtnährstoffbedarf aus den von der Puppe her übernommenen Reserven (= Fettkörper) decken müssen. Beim Jungkäfer ist infolgedessen das Abdomen prall gefüllt und ragt weit unter den Flügeldecken hervor (s. Fig.). Die Tergite sind zum großen Teil sichtbar. Mit der Dauer des Lebens wird der Fettkörper verbraucht, das Abdomen verkleinert sich und die Flügel decken mehr und mehr und greifen bald über den seitwärts zum Rücken hin umgeschlagenen Teil der Bauchstücke (= Seitenfeil S) über. Aus einer großen Anzahl von Beobachtungen läßt sich folgende Alterstabelle auf Grund dieser allmählichen Deckung des Abdomens durch die Flügel aufstellen:

¹⁾ Ernst Janisch, Zur Bekämpfungsbiologie des Brotkäfers *Sitotrepia panicea* L. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt Bd. VII, II, 4, 1923, S. 243—284.

Tergite noch eben sichtbar . . .	etwa 14 Tage,
Seitenteil noch voll sichtbar . . .	16 „
„ wenig gedeckt . . .	18 „
„ $\frac{1}{3}$ gedeckt . . .	20 „
„ $\frac{1}{2}$ „ . . .	22 „
„ $\frac{2}{3}$ „ . . .	25 „
schmalere Streif vom Seiten-	
teil sichtbar . . .	28 „
Seitenteil ganz gedeckt . . .	vom 30. „ ab.

Dabei ist die Ausfärbungszeit (8—10 Tage) mit eingerechnet. Das Verlassen des Kokons und die Kopulation findet statt, wenn der Käfer etwa 10—14 Tage alt geworden ist. Die Gesamtlebensdauer beträgt normalerweise durchschnittlich 6—8 Wochen.

Zahlenmäßig läßt sich die Reduktion des Fettkörpers durch den Säftekoeffizienten (K) ausdrücken. Bezeichnet M das Gewicht des Käfers im gewöhnlichen Zustand, P das Trockengewicht, $S = M - P$ den Saft, so ist für den

Jungkäfer: Altkäfer:

$$M = 3,05 \text{ mg} \quad M = 1,455 \text{ mg}$$

$$P = 1,13 \text{ „} \quad P = 0,68 \text{ „}$$

$$K = \frac{S}{M} = 0,6295 \quad K = \frac{S}{M} = 0,5326$$

Vom Jungkäfer mit dem Gewicht $M_1 = 3,05$ mg zum Altkäfer ($M_2 = 1,455$ mg) tritt also ein Gewichtsverlust von $M_1 - M_2$ ein. Fügt man das Saftgewicht des Altkäfers ($S_2 = 0,775$ mg) hinzu, so ist der Koeffizient für den Gesamtsubstanzenverlust einschließlich des verbleibenden Restsaftes:

$$K = \frac{M_1 - M_2 + S_2}{M_1} = 0,7771,$$

eine Zahl, die sich noch mehr der 1 nähert, als die angegebenen Säftekoeffizienten der Käfer, d. h. von dem ursprünglichen Gewicht des Jungkäfers bleibt am Ende seines Lebens weniger als ein Viertel Trockensubstanz übrig.

Etwa drei Wochen nach dem Ausbohren (in der Regel = Kopulation) ist die Eiablage beendet, d. h. etwa in einem Alter von 30 Tagen. Genaue von Dr. Voelkel²⁾ ausgeführte Messungen des Sauerstoffbedarfs und der CO_2 -Abgabe zeigten, daß vom 30. Lebenstage ab, also zu derselben Zeit, wo der Fettkörper fast völlig verbraucht und das Abdomen voll gedeckt ist, ein erhöhter O_2 -Verbrauch eintritt, gleichzeitig aber die produzierte CO_2 -Menge und damit der respiratorische Quotient (R. Q.) stark abfällt. Gleichzeitig mit der Änderung des Gaswechsels und damit der aerotaktischen Reizbarkeit, die stark positiv wird, ändern sich auch die übrigen Reizbedingungen. Nach der Eiablage ist die Thigmotaxis nicht mehr so unbedingt bindend, das Licht hat ferner eine größere Anziehungskraft, so daß das Verhalten der Altkäfer vom 30. Lebenstage an ein gänzlich anderes wird: Sie verlassen das Nährmaterial und die hapleutischen Räume und werden von Luft-

spalten und Licht angelockt. Zusammenfassend läßt sich also folgendes sagen:

Jungkäfer in der Wiege: rasch steigender Sauerstoffhunger = Ausbohren.

Jungkäfer: fast konstanter O_2 -Verbrauch, etwas steigende CO_2 -Abgabe, starke Thigmotaxis, geringe Phototaxis (Fettkörper in Reduktion) = Kopula, Eiablage.

Altkäfer: steigender O_2 -Verbrauch, stark verringerte CO_2 -Abgabe, verminderte Thigmotaxis, erhöhte Phototaxis (Fettkörper reduziert) = Verlassen des Nährmaterials.

Um den 30. Lebenstag herum tritt also beim Brotkäfer eine starke innere Umstellung ein, die sich im äußeren Verhalten der Tiere deutlich kennzeichnet. Ich habe diesen Zeitpunkt vorläufig als kritisches Alter bezeichnet, das sich beim Brotkäfer wie folgt charakterisiert:

Morphologisch: Das Abdomen erreicht seine volle Deckung.

Anatomisch: Der Fettkörper ist bis auf Reste reduziert.

Biologisch: Die Eiablage ist beendet. Nach dem kritischen Alter sind Kopulationen ohne Erfolg.

Physiologisch: Steigender O_2 -Verbrauch, verringerte CO_2 -Abgabe (= starker Abfall des R. Q.), schwächere Thigmotaxis, stärkere Phototaxis.

Bekämpfungsbiologisch ist diese Feststellung insofern von Bedeutung, als eine Bekämpfung der freien Käfer, also nach dem kritischen Alter, zwecklos ist. Die eigenartigen Verhältnisse der Umstellung des Gaswechsels nach der Reduktion des Fettkörpers sind physiologisch von größtem Interesse und bedürfen der genaueren Prüfung und Aufklärung. Wahrscheinlich liegen ähnliche Verhältnisse vor bei *Trogoderma granarium*, *Niptus hololeucus*, *Anthrenus*, *Lasioderma serricorne*, die auch ein „kritisches Alter“ zu haben scheinen.

Eine Altersbestimmung auf Grund der äußeren Merkmale läßt sich beim Khaprakäfer (*Trogoderma granarium* Everts) durchführen, einem aus Indien bei uns eingeschleppten, äußerst gefährlichen Getreide- und Malzschädling, der wie der Brotkäfer als Imago ebenfalls keinen Ernährungsfraß hat. Die Alterscharaktere sind hier noch deutlicher ausgeprägt, weil zwischen dem Seitenteil und den Tergiten noch Epimeren mit gut begrenzten Episternen eingeschoben sind, welche die allmähliche Deckung des Abdomens noch schärfer hervortreten lassen.

Das Altersstadium eines Versuchstieres ist vom angewandten biologischen Standpunkt aus von besonderer Bedeutung. Die verschiedene Widerstandskraft der einzelnen Entwicklungsstadien gegen Gifte ist seit langem bekannt und wird in den grundlegenden Experimenten durchweg berücksichtigt. Anders aber, wenn ausgewachsene

²⁾ Siehe Janisch 1. c. S. 278.

Tiere benutzt werden. Eingehende Untersuchungen, die ich im Gange habe, zeigen, daß die Anfälligkeit durchaus in einer inneren Beziehung zum Alter des Tieres steht. Ich möchte diese Erscheinung im Anschluß an Handovsky³⁾, der eine Abhängigkeit der Hämolysse vom Alter der roten Blutkörperchen feststellen konnte, als *Heterovitalität* bezeichnen. Und zwar scheint nicht nur ein einfaches Steigen der Sterblichkeit mit zunehmendem Alter vorzuliegen, sondern die Kurve der Widerstandskraft weist mehrere Gipfelpunkte auf, die je nach dem vorliegenden Versuchstier etwas anders liegen. Ich hoffe in absehbarer Zeit die Ergebnisse meiner diesbezüglichen Versuche vorlegen zu können.

So viel ist jedenfalls schon jetzt zu sagen, daß bei allen Bekämpfungsversuchen Alter und Zustand des Ausgangsmaterials unter allen Umständen angegeben werden muß. Ein Beispiel aus Teichmann und Andres⁴⁾ führe ich an: Nach

³⁾ Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. 69, S. 412, 1912.

⁴⁾ Calandra granaria L. und Calandra oryzae L. als Getreideschädlinge. Zeitschr. f. angew. Ent. VI, H. 1, 1919, S. 1.

Hegmons soll der Kornkäfer (*Calandra granaria* L.) ohne jeden Schaden auch den härtesten Winter im Freien überdauern können, nach Zacher stirbt er etwa bei -5° ab. Mir ist wahrscheinlich, daß bei den Versuchen der beiden Autoren Altersunterschiede und damit verschiedene Widerstandskraft mitgespielt haben.

Andererseits bietet die Erforschung der Alterserscheinungen mit Hilfe der toxikologischen Methodik für die reine physiologische Zoologie, besonders aber auch im Hinblick auf cytologische Fragen (z. B. die Protoplasmahysteresis; Literatur bei E. Janisch⁵⁾) manche neue Fragestellung allgemeiner Art.

Für unsere speziell angewandte Physiologie in der Pflanzenschutzforschung ist bei ihrer Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft eine breite Basis für die Ausarbeitung neuer Bekämpfungsmethoden unbedingt anzustreben. Für Hinweise in oben angegebener Richtung durch die Fachgenossen würde ich sehr dankbar sein.

⁵⁾ Das Problem der Giftwirkung in der Pflanzenschutzforschung. Zentr.-Bl. f. Bakt., Inf., Paras.-K. II (im Druck).

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung.

Historische Geologie.

Von E. Wepfer, Freiburg i. Br.

(Fortsetzung.)

Nachdem sich bereits in den Untersilur-Ablagerungen Englands die Nähe eines Strandes fühlbar gemacht hatte, gewinnt das betreffende Festland im Devon deutlichere Gestalt: es ist der nordatlantische Kontinent, auf dessen Abdachung gegen das südlich gelegene Meer sich in England, Skandinavien, Rußland (zum Teil), auf Spitzbergen, in Teilen des nördlichen Amerika, wohl in großen Küstensümpfen, Ästuarien und Flußebenen mit einzelnen Seen, teilweise aber wohl unmittelbar auf festem Land unter Mitwirkung von Wind — wie in den Wüstengebieten —, mächtige, vorwiegend rot und bunt gefärbte Sandsteine, Konglomerate und Mergel sich ablagerten: das „Old red“ (sandstone) der Engländer. Diese vorwiegend sandige Facies macht sich schon im obersten Silur Englands bemerkbar, so daß hier ein allmählicher Übergang vom Silur zum Devon festzustellen ist. Die in dieser Schichtfolge vorkommenden Fische gehören zum Teil zu den Ganoïden, insbesondere die mit einem festen Panzer um Kopf und Vorderrumpf versehenen „Placodermen“, ferner sind die Lungen- und Kiemenatmer „Dipnoer“ schon damals vorhanden. Daneben treten noch die Gigantotraken (s. ob) auf und ferner Landpflanzen. Wir haben es also hier entschieden mit „kontinentalen“, nicht marinen Ablagerungen zu tun, in denen niemals die sonst so zahlreichen Brachiopoden oder andere Meerestiere sich finden. — Diese *Old-red-Facies* tritt überhaupt in der Umrandung des nordatlantischen Kontinents auf: so z. B. in Sibirien,

wo übrigens ebenso wie im Balticum einzelne marine Zwischenlagen vorhanden sind, und das Unterdevon fehlt. Umgekehrt herrscht in Podolien während des Unterdevons Meeresbedeckung, die dann vom Old red abgelöst wird. — Ferner ist diese Ausbildungsart auch in der Mongolei, in Grönland und in Kanada bis weit in die arktischen Regionen vorhanden. — Die Mächtigkeit des Old red erreicht zum Teil 3000 m.

Südlich von dieser recht deutlich umschriebenen Ablagerungsprovinz dehnt sich in der „eurasischen“ Region das Meer: der Übergang ist in Devonshire gegeben, wo im Norden Old red, im Süden marines Devon ausgebildet ist. — Vorbildlich ist die Gliederung und Fossilführung im rheinischen Schiefergebirge (Eifel, Hunsrück, Taunus): drei Abteilungen, zusammen ca. 5000 m mächtig, lassen sich überall unterscheiden. Im Unterdevon sind charakteristisch die Spiriferensandsteine, besonders reich an der Brachiopodengattung *Spirifer*. Im Mittel- und Oberdevon wiegen kalkig-mergelige, auch tonige Ablagerungen in großer Mannigfaltigkeit vor. Dazu kommen vielfach Eruptivgesteine. Trotz dieser Mannigfaltigkeit erlauben die zahlreichen bezeichnenden Leitfossilien eine gute Gliederung in zahlreiche Schichthorizonte, die sich durch dieses ganze Ablagerungsgebiet verfolgen lassen, zum Teil in auffallender Konstanz auch bezüglich der Gesteinsausbildung.

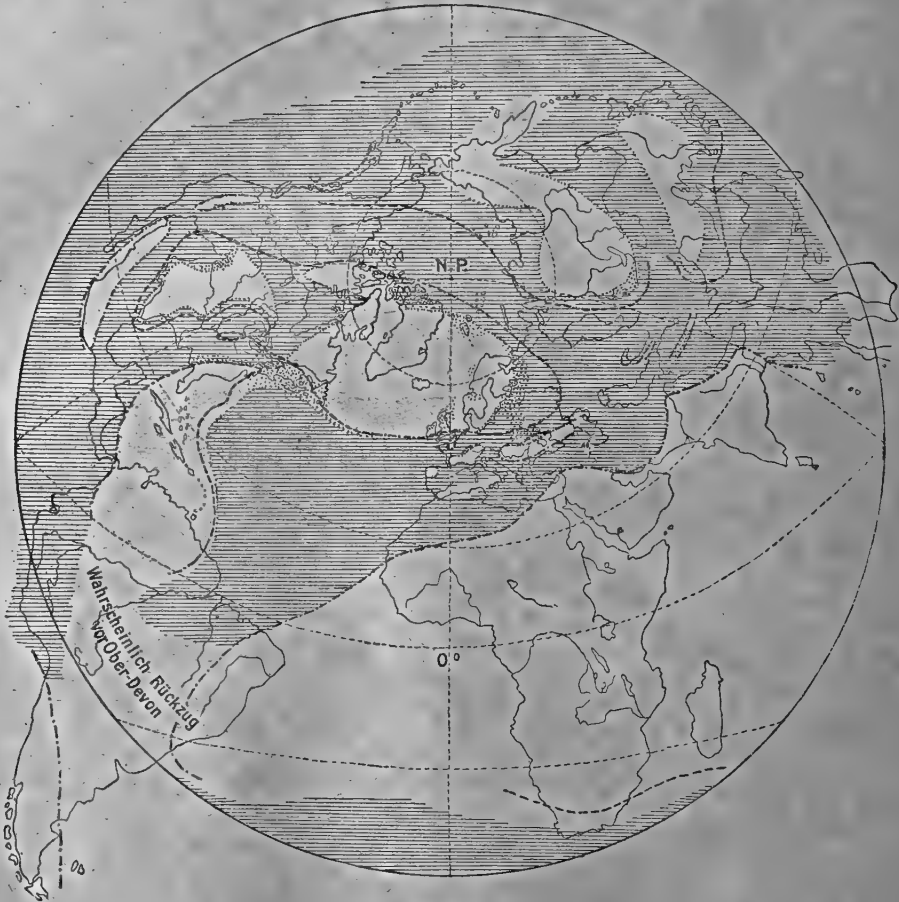
(Spiriferensandstein in England, am Bosphorus; mitteldevonische Calceolaschichten, genannt nach einer

auffallenden, deckeltragenden Einzelkoralle im Rheinischen Schiefergebirge, in Armenien, in Sibirien; die durch den klotzigen Brachiopoden *Stringocephalus* bezeichneten Kalkdolomitschichten bei Gerolstein, am Harz, in Belgien, im Ural, in Canada; die „Intumescens“-Stufe mit ihren bezeichnenden Goniatiten (*Cephalopode*) in Westeuropa, in Amerika.)

Die Absätze eines großen Meeres liegen in Nordfrankreich, der Pyrenäenhalbinsel, der Montagne noire, in den Sudeten, dem polnischen Mittelgebirge, in Böhmen, den Ostalpen, im Mittelmeergebiet, und auch in dieser Zeit sehen wir dieses Meer nach Süden immer weiter an Raum gewinnen, denn seine Ablagerungen lassen

nische Riffkalke, in denen eine besonders reiche Fauna seichten Wassers begraben ist; ähnliche Verhältnisse trifft man z. B. am Harz, in den Ostalpen, im Ural. Damit vervollständigt sich das Gesamtbild speziell in Europa, wo wir im Norden Festland mit dem Old-red-Gürtel sehen, südlich davon ein Meer, in dem zunächst größtenteils klastisches Material (*Spiriferensandstein*) noch auf die Nähe jener Küste deutet, und in welchem in Böhmen usw. bereits zur Unterdevonzeit Kalke sich bildeten.

Eine dritte Ablagerungsprovinz kann man als die *nordamerikanische* bezeichnen; besonders gut



Devon.

sich in weiten Gebieten Nordafrikas, ja bis tief in die Sahara hinein verfolgen. Wir finden seine Spuren im Balkan, in Kleinasien, im Transhan, in Indien, in China bis an die pazifische Küste — auf der andern Seite im Ural, Timan, auf Nowaja Semlja, den neusibirischen Inseln. — Innerhalb dieser Provinz sind — abgesehen von sonstigen faciiellen Unterschieden — als Besonderheiten zu nennen eine sandige Ausbildung des Oberdevons in Belgien, und ferner des oberen Mitteldevons in Böhmen mit Landpflanzen. Insbesondere vollzieht sich der Übergang aus dem Silur in Böhmen in rein kalkiger Entwicklung; es sind unterdevo-

im Staat New York ausgebildet, legen sich dort auf die Silurschichten sehr fossilreiche, gut gliederbare Ablagerungen, zum Teil an böhmische, zum Teil an Old-red-Facies anklingend. Nähere Beziehungen zu Europa sind indes schwer nachzuweisen, nur die gröbere Gliederung läßt Übereinstimmung erkennen. Im allgemeinen handelt es sich um ausgesprochene Flachmeerabsätze.

Als eine letzte Provinz betrachtet man schließlich die *südamerikanisch-antarktische*, deren Ablagerungen wir schon in Bolivien, Brasilien, Argentinien erkennen, wo sie manche Ähnlichkeit mit Nordamerika zeigen, und zu denen die devo-

nischen Gesteine auf den Falklandsinseln und ferner solche in Südafrika gerechnet werden.

Im ganzen erkennen wir deutlich eine zur *Mitteldevonzeit* einsetzende *Transgression*, in deren Folge die Ablagerungen des Oberdevons die größte Verbreitung zeigen.

Die *Fauna* des Devons ist im ganzen derjenigen des Silurs recht ähnlich: die Korallen (4-strahlige und tabulate) sind sehr entwickelt — ebenso Brachiopoden, unter ihnen besonders die Gattung *Spirifer*; unter den Stachelhäutern herrschen die Crinoiden, aber auch Seesterne finden sich. Muscheln und Schnecken sind da und dort häufig, letztere besonders in den Riffkalken des oberen Mitteldevons. Unter den Cephalopoden spielen zum erstenmal eine wichtige Rolle die Goniatiten (Ammonoiden mit bereits etwas komplizierteren Kammerscheidewänden). Trilobiten, noch sehr verbreitet, treten indessen schon im oberen Devon sehr stark zurück. — Von der *Flora* kennen wir vor allem Landpflanzen aus dem Old-Red.

Über die Ausbildungsweise der Gesteine ist noch zu bemerken, daß besonders Grauwacken weit verbreitet sind, und daß neben Tonschiefern, gewöhnlichen und mergeligen Kalken (Riffkalken) u. a. besonders auch Knollenkalken von noch etwas strittiger Entstehungsweise auftreten. — Von *nutzbaren Gesteinen* sind zu nennen: Dachschiefer, viele Kalk- und Marmorarten (Südbelgien), ferner Eisenerze, die teils als *Lager* in den Schichtgesteinen, teils auf *Gängen* auftreten, dann Schwefelkies (Rammelsberg bei Goslar), Bleizinkerze an der Lahn, im Hunsrück, bei Andreasberg (am Harz) und Manganerzlager im Lahngebiet.

Wenn wir den normalen Entwicklungsgang geologischer Ereignisse auf der Erde, d. i. Anhäufung von Sedimenten in einem sinkenden Tiefland auf der einen Seite, Zerstörung und Abtragung von Gestein in Hochgebieten auf der anderen — von Zeit zu Zeit abgelöst sehen durch „Revolutionen“, d. i. Erhebung gewisser Gebiete zu Gebirgen, so ist es ganz besonders die *Carbonformation*, die uns nicht nur jenen Vorgang allmählicher Absenkung innerhalb des Ablagerungsgebietes deutlich vor Augen führt, sondern die auch charakterisiert ist durch eine besonders mächtige Gebirgsbildung und durch großartige vulkanische Vorgänge.

Die Ablagerungen des Obercarbons sind bekanntlich reich an Kohlenlagern, die unzweifelhaft aus Landpflanzenresten entstanden, welche unter Luftabschluß verfault, d. h. zu sehr kohlenstoffreichen dehydratisierten Kohlenwasserstoffen geworden sind, die wir „Steinkohle“ nennen. In vielen Fällen kann man noch die in ursprünglicher Stellung mit ihren Wurzelanhängen versehenen Baumstümpfe finden: solche Kohlenflöze sind somit, wie überhaupt wohl die meisten, sicher *autochthon*, d. h. Reste einer reichen Waldvegetation, die an Ort und Stelle zugrunde gegangen ist. Sie wechsellagern mit tonigen und sandigen Gesteinen, in denen sich da und dort auch Reste von Wasserbewohnern finden. Da solche Schichten in einem Tiefland, nämlich im Ablagerungsgebiet, entstanden sind, und da sich der Wechsel von Kohle- und anderen Schichten dutzendmal bis

zur Bildung von Tausenden von Metern mächtigen Schichtfolgen wiederholt, so tauchte angesichts dieser immer wieder etwa im Niveau der Strandhöhe wuchernden Sumpfwälder, die von Zeit zu Zeit immer wieder von Sediment überschüttet wurden, d. h. angesichts dieser Kohlenflözbildung die Auffassung auf, die eigentlich auf alle mächtigen Sedimentfolgen angewandt werden muß, daß das Ablagerungsgebiet sich in allmählicher Senkung befindet, die durchaus nicht in einzelnen Quellen vor sich gegangen zu sein braucht (s. S. 828).

Die *Gebirgsbildung* äußert sich darin, daß vielfach die Schichten des unteren Carbons stark gefaltet sind, und die obere Abteilung der Formation sich diskordant über ältere Gesteine bzw. über das Untercarbon selbst legt, — freilich auch ihrerseits oft genug vor Ablagerung jüngerer Formationen stark gefaltet, so daß wir noch nicht für alle Gebiete der Erde den Beginn, die Hauptintensität und das Ende jener gebirgsbildenden Periode genau untereinander parallelisieren können — anscheinend treten sie nicht überall gleichzeitig auf. — Sie hat die bisher gebildeten, älteren Gesteine in gewissen Gebieten erfaßt, soweit diese einer Faltung noch zugänglich, und nicht etwa z. T. schon durch ältere Gebirgsbildungen zu stark versteift waren: Während sich die caledonische Faltung (s. o.) im Silur/Devon in Skandinavien-Schottland bemerkbar macht, spielt sich nunmehr die Gebirgsbildung weiter im Süden ab. Ein breiter Gürtel, charakterisiert durch die in einem großen Teil etwa der deutschen Mittelgebirge vorliegenden Reste jenes Gebirges, zieht sich so durch ganz Mitteleuropa in zwei Bogenstücken: dem westlichen „armorikanischen“, und dem östlichen „variscischen“ Bogen, die in spitzem Winkel im französischen Zentralplateau zusammenstoßen. Von hier aus verfolgen wir das carbonische Faltengebirge nach NW und NO, einerseits nach der Bretagne, Südlengland und Südirland, andererseits über Vogesen und Rheinisches Schiefergebirge, Schwarzwald und Thüringer Wald, den Harz bis zu den Sudeten und dem polnischen Mittelgebirge, während ein einheitlicher Nordrand sich aus dem südlichen England etwa durch das Département Pas de Calais und das südliche Belgien nach Aachen zieht, charakterisiert durch die bekannten Kohlen- und Industriegebiete. Die heute durch die Abtragung nur noch zu Resten zusammengeschrunpften Teile des carbonischen Gebirges treten nicht nur in der Landschaft z. T. sehr deutlich hervor, sondern spielen auch im geologischen Kartenbild als *Gebirgskerne* eine hervorstechende Rolle: sie bilden das Gerüst der Länder, um die herum oder auf die transgredierend die jüngeren Formationen sich ablagerten. Dieser Unterschied spielt, wegen der damit verbundenen Verschiedenheit des Bodens und seiner Schätze, begreiflicherweise auch bei der Besiedelung, oft in ethnographischer Beziehung, dann aber vor-

allen an der wirtschaftlichen und industriellen Entwicklung eines Landes eine außerordentliche Rolle, wie man dies besonders deutlich in Großbritannien beobachten kann.

Die vulkanischen Vorgänge der Karbonzeit äußern sich z. T. als mächtige Ergüsse an der Oberfläche, charakteristisch ist aber vor allem das Emporsteigen von Schmelzflüssen, die zwar die ihnen erreichbaren Gesteine bei ihrem Aufstiege verändert, den Gesteinsmantel aber nicht bis zur Erdoberfläche durchbrochen haben; sondern in der Tiefe als „Tiefengesteine“ erstarrt sind: so z. B. zahlreiche *Granite*.

tagne, Zentralplateau, Vogesen, Schwarzwald, Sachsen, Böhmen) finden wir, offenbar in der Nachbarschaft verschiedenartiger Landkomplexe, pflanzenführende, strandnahe Ablagerungen, die lokal stark sich ändernde Ausbildung zeigen und zudem durch häufigere Porphyrgüsse charakterisiert sind. Unter ähnlichen Umständen bildeten sich wohl die aus Spanien, Sardinien, dem nordwestlichen Afrika bekannten Untercarbonablagerungen.

Erst in Rußland dehnt sich wieder ein mächtiges Meer aus, in dem Kalke abgelagert wurden, und dessen Spuren wir in manchen Gesteinen bis



Karbon.

Im *Untercarbon* besteht ähnlich wie bisher im Norden Europas ein großes Festland auch weiterhin; nur an einzelnen Stellen greift das Meer in das Gebiet des Old Red hinein, so daß wir gelegentlich (Großbritannien) einen Wechsel von marinen Kalken, Sandsteinen und Kohlenflözen sich bilden sehen. Weiter im Süden dehnt sich ein Meer, in dem sich der „Kohlenkalk“ von Irland und das „Culm“ (mehr schiefrig-sandige Gesteine mit mariner Fauna und einigen Landpflanzenresten) abgelagert. Diese Schichten gehen im allgemeinen nach unten allmählich in das Devon über. — Noch weiter im Süden (Bre-

in die Ostalpen und nach Kleinasien wiederfinden, von wo sie sich weit nach Osten zum Himalaya, nach China und Japan verfolgen lassen.

Im westlichen Sibirien liegt der Rand eines nordwestlichen Festlands: das *Untercarbon* führt Pflanzenreste. Allerdings sind entsprechende Anzeichen für Landnähe auch in Zentralasien, wenigstens am Anfang des Carbons, vorhanden.

So sehen wir in Europa zwischen dem Nordkontinent und unzusammenhängenden Landmassen Mitteleuropas (s. o.) sich jenes Ablagerungsgebiet erstrecken, das man als den euro-

päischen Kohlegürtel bezeichnet hat: hier lagerten sich zur Obercarbonzeit in flachen Niederungen die Kohlen von England, Nordfrankreich, Südbelgien, Westfalen, Oberschlesien und Galizien ab. Während anfangs noch vorübergehend Meeresüberflutungen stattfinden, die uns durch Schichten mit marinen Fossilien repräsentiert werden, weicht das Meer später als solches mehr und mehr zurück, und es entsteht ein Sumpfland mit üppiger Vegetation: der Schauplatz der eigentlichen Kohlenbildung.

Eine besondere Rolle spielen wohl die vereinzelt Obercarbonablagerungen im französischen Zentralplateau, in Böhmen, in den Alpen, die erst nach der großen Gebirgsbildung entstanden sind und sich durch größere Unregelmäßigkeit des Auftretens auszeichnen.

Im Gebiet des Mittelmeers finden wir das schon zur Devonzeit vorhandene Meeresbecken, dessen Ablagerungen tief in die Sahara reichen, und in Ägypten sowie auf der Sinaihalbinsel vorhanden sind. Entsprechend der mit der Gebirgsbildung gegebenen Einengung des Meeres im Norden wich es hier offenbar nach Süden aus. Ablagerungen dieser älteren Carbonperiode finden sich in der Balkanhalbinsel, in Armenien, Persien, im Himalaya und durch Südchina bis an den Pazifik. Indien selbst war wohl noch Festland im Verband mit dem großen afrikanisch-indischen Kontinent. Im Obercarbon macht sich die Anwesenheit des nordasiatischen Festlandes durch Ablagerung mächtiger Kohlenlager in Nordchina (Shantung) bemerkbar — auch hier mit einzelnen marinen Zwischenlagen.

Daß dieses letztere Festland nicht in direkter Verbindung mit dem nordenuropäischen Festland stand, geht daraus hervor, daß sich ein großes Meer als Teil des damaligen „Mittelmeers“ (s. o.) durch ganz Rußland bis in den hohen Norden (Spitzbergen, Nowaja Semlja) nachweisen läßt, zu dessen Ablagerungen wohl auch diejenigen des arktischen Nordamerika gehören. Bezeichnend für diese Gebiete ist vor allem das Vorkommen von *Fusulinen* (Foraminiferen von spindelförmiger Gestalt, bis zu 1 cm und mehr Länge), die z. T. geradezu gesteinsbildend auftreten. Im Donetzgebiet entstanden besonders zu Beginn der Obercarbonzeit die für Rußland so wichtigen Kohlenflöze.

In Amerika treffen wir z. T. ganz entsprechende Verhältnisse: auch hier im Norden (Neuschottland) Kohlenkalk, darauf „*productives*“ (= kohlenführendes) Carbon; nach Westen macht sich die Nähe des Festlandes bemerkbar. Weiter im Süden fehlt im östlichen Nordamerika bis zur Mississippiregion das Untercarbon, erst weiter im Westen treffen wir klastischen „Culm“ (s. o.); die Nähe des Festlandes verrät sich durch das Auftreten von Lagunen, in denen infolge starker Verdunstung des Meereswassers Gips- und Salzlager entstanden. — Wie in Europa erfolgte nun auch hier eine Gebirgsbildung, in der Folge

Trockenlegung und Abtragung in weiten Gebieten, Ansiedelung einer reichen Flora und Bildung zahlreicher Kohlenflöze, während im Felsengebirge bis nach Alaska auch im Obercarbon ein Meer besteht.

In Südamerika und Südafrika kennt man einzelne pflanzenführende Ablagerungen des Unter-, aber auch des Obercarbons, andererseits in Südamerika auch fusulinenführendes, d. h. marines Obercarbon.

Die Gesamtmächtigkeit des Carbons erreicht mehr als 4000 m. Von den Fossilresten interessieren vor allem die Landpflanzen; während in der Kohle selbst die Pflanzen als solche unkenntlich werden, finden sich vorzüglich erhaltene Stamm- und Blattreste in den umgebenden Sandsteinen und Tonschiefern. Es sind besonders Repräsentanten folgender Gruppen: der fossilen *Farn*e, die nicht ohne weiteres mit den jetzigen zu parallelisieren sind, der *Schachtelhalme* und der *Bärlappgewächse* (*Lepidodendron*, *Sigillaria*), die durchweg die Größe von Bäumen erreichen können. Nach der Reihenfolge ihres Auftretens gelingt eine Gliederung des Obercarbons in einzelne Unterabteilungen. Auffallend ist die enorme Verbreitung so ähnlicher, ja übereinstimmender Formen über viele Breitengrade der Erde; offenbar haben damals klimatische Zonen im jetzigen Sinne kaum bestanden, und die Formen waren wohl sehr anpassungsfähig. Die große Üppigkeit der Vegetation ließe wohl im übrigen auf ein warmes bis gemäßigtes Klima schließen, das vielleicht durch den Verlauf der Meeresströmungen recht ausgeglichen war.

Im Untercarbon sowie im russischen Obercarbon (s. o.) spielten auch marine Formen eine bedeutende Rolle. Korallen, von Stachelhäutern besonders die Crinoiden und die Blastoiden („Knospenstrahler“), zahlreiche — wenn auch bereits gegenüber den älteren Zeiten in der Mannigfaltigkeit zurücktretende — Brachiopoden, Muscheln, Schnecken, unter den Cephalopoden die Goniatiten, und besonders die Fusulinen (s. o.) seien erwähnt. — In den landnahen Ablagerungen treffen wir häufiger: Insekten, Spinnen, Tausendfüßer. Von höheren Tieren treten Fische (Selachier) und Amphibien auf.

Das große terrestrische Ablagerungsgebiet in Mitteleuropa blieb zunächst auch während der Permzeit bestehen, die Kohlenbildung ging stellenweise weiter, so daß die genaue Festlegung der Formationsgrenze Schwierigkeiten macht. Unter ganz ähnlichen Verhältnissen bildeten sich damals z. B. im Saar-Nahe-Gebiet Schichten, die durch ihren Reichtum besonders an den Amphibien jener Zeit: den an Kopf und Brust sehr stark verknöcherten und dadurch sowie durch andere Merkmale einigermaßen reptilienartigen *Stegocephalen*. Weiterhin treten Pflanzen auf, und zwar neben Farnen vor allem Coniferen. Das Ablagerungsgebiet gewinnt allmählich an Raum, um im oberen Perm schließlich vom Meer überflutet zu werden. — Während die Nachwirkungen der carbonischen Gebirgsbildung bisher noch in der Entstehung von Sprüngen zum Ausgleich entstandener Spannungsdifferenzen und ferner im Hervortreten gewaltiger vulkanischer Schmelzflüsse (Porphyry, Melaphyr bes. Saar-Nahe, Thüringen, Bozen) sich äußern, fin-

den wir in der oberen Abteilung dieser Formation die Ablagerungen eines Binnenmeeres über Nordengland, Norddeutschland, das westliche Rußland, im Süden bis nach Heidelberg—Heilbronn sich breiten. Im Norden war dies Meer begrenzt durch das nordeuropäische Festland, im Süden durch die im Carbon aufgetürmten Gebirgsmassen.

Die untere Abteilung des Perm, das „Rotliegende“, ist aufgebaut aus einer auffallend kalkarmen Schichtserie: besonders Konglomeraten und Sandsteinen, häufig mit einer von Ort zu Ort rasch wechselnden Aufschüttungsrichtung („Kreuzschichtung“), von überwiegend roten Farbtönen, die durchschnittlich 500 m Mächtigkeit erreichen mag. Sehr bezeichnend ist die Art ihrer Verbreitung: die Schichten schmiegen sich öfters gewissermaßen den carbonischen Gebirgsresten an (deutsche Mittelgebirge z. T.), reichen in Senken in sie hinein und geben sich im Zusammenhang mit ihrer Struktur und Zusammensetzung oft recht deutlich als eine Schuttbildung bei der Abtragung jener Gebirge, somit als ausgesprochen kontinentale, zum Teil rein terrestrische Ablagerungen zu erkennen. Häufig darin auftretende Verkieselungen im Gestein selbst und in darin vorkommenden Baumstammresten sowie andere Merkmale führen zu der Anschauung, daß damals dort ein trockenes, heißes Klima geherrscht hat (in dem auch heute derartige Vorgänge sich abspielen), welches jedoch die Bildung von ausgedehnten Wasserflächen, besonders im oberen Rotliegenden, nicht verhindert hat, wie uns die oben genannten Amphibien, ferner auch Ganoidfischreste und Muscheln vom Gepräge der Süßwassermuscheln verraten.

Daß ähnliche klimatische Verhältnisse, jedenfalls gegen den Schluß des oberen Perms, im „Zechstein“ herrschten, lehrt uns die Tatsache, daß riesige Teile des Zechsteinmeeres allmählich eintrockneten, so daß mächtige Gips- und besonders die bis zu 1200 m mächtigen *Steinsalzlager* Norddeutschlands mit ihren wertvollen *Kalialsalzen* (durchschnittlich bis zu 50 m mächtig — Staßfurt, südliche Umgebung des Harzes usw.) entstanden, deren Verbreitung von der Düsseldorf-Aachener Gegend bis nach Ostpreußen hin da und dort nachgewiesen ist. Naturgemäß unterscheiden sich die Zechsteinablagerungen gegenüber dem Rotliegenden durch größere Häufigkeit kalkig-dolomitischer Schichten mit einer individuellen, aber artenarmen Fauna — unter der besonders das Auftreten von Bryozoen (Moostierchen) hervorzuheben ist, die förmliche Riffe bilden können —, worin sich der Charakter als Binnenmeer besonders deutlich ausspricht. — Der Zechstein greift nicht in die eigentlichen Mittelgebirge hinein. Neben dem Salz ist auch das Vorkommen von kupferreichen Schiefern mit einer reichen Fischfauna und einem gewissen Bitumengehalt, besonders im Mansfelder Gebiet zu erwähnen, von wo wohl auch die Bezeichnung

„Zechstein“ (von den „Zechen“) und „Rotliegenden“ (rotes „Liegendes“) stammt.

Daß das Zechsteinmeer übrigens nicht das gesamte Rotliegendengebiet bedeckt hat, zeigt sich in Frankreich, wo das Rotliegende durchaus wie in Deutschland entwickelt ist, während der Zechstein fehlt.

Im *Mittelmeergebiet* ist zunächst von Meeresablagerungen noch nicht viel zu sehen. In den Alpen entsprechen die mächtigen terrestrischen Geröllager des „Verrucano“, ferner der „Grödener Sandstein“ und etwa die Porphyre von Bozen dem Rotliegenden. Auch in Spanien und in den Karpathen kommen entsprechende rotliegende Ablagerungen vor, allerdings z. T. mit marinen Zwischenlagen, wie in den Pyrenäen. Und wenn auch die mitteleuropäische Zweiteilung hier nicht im selben Maße durchführbar ist, so erkennen wir doch im oberen Perm eine größere Ausbreitung des Meeres z. B. in den Südalpen und in Bosnien, dessen Beziehungen zu einem weiteren, großen Ablagerungsgebiet deutlich sind: In riesiger Ausbreitung liegen im europäischen Rußland (besonders im Gouvernement Perm, daher auch die Benennung der Formation) bunte, rote Konglomerate, Sandsteine, tonige Schichten, Mergel, Kalke, auch Gips, ja Kohle westlich des Ural von der Kirgisensteppes bis ans nördliche Eismeer, und im Westen bis über Moskau hinausreichend. Besonders im unteren Teil dieser Serie findet sich eine auffallende marine Schichtfolge, die durch eine Mischung permischer und carbonischer Faunenelemente charakterisiert ist: das „Permokarbon“; in paläontologischer Beziehung stehen die Cephalopoden (Ammonoiden) jener Zeit wohl im Mittelpunkt des Interesses. Dasselbe Alter haben entsprechende Schichten eines isolierten Vorkommens am Sosiofluß in Sizilien, wo noch einige letzte Trilobiten auftreten.

Marines Unterperm läßt sich noch weiter nach Osten, nach Armenien, in die indische Salt Range, den Himalaya, nach Südchina und bis an den Pazifik verfolgen, und ist desgleichen in Japan, ferner auf Timor nachgewiesen. Offenbar hat sich ein mächtiges Meer von Rußland aus bis in die genannten Gegenden erstreckt, d. h. eine Art „Mittelmeer“, das aber die halbe Erde umspannt und zugleich sich über Rußland in den hohen Norden erstreckt. Unerreicht von den wechselnden Geschicken des nördlichen Europa besteht dieses Meer weiter, immer wieder marine Äquivalente auch viel späterer Zeiten, als der permischen, hinterlassend. So finden wir am Araxes, in der Salt Range, im Himalaya auch marines Oberperm.

Im nordöstlichen *Amerika* sind Permablagerungen von durchaus mitteleuropäischem Anstrich bekannt, während westlich des Mississippi in einem Tiefgebiet von gleichfalls außerordentlicher Konstanz Meeresbedeckung herrschte, die schließlich zurückweicht, so daß im Westen kon-

tinental, salzföhrrende Schichten entstehen. Zum Perm gehören in Texas Schichten, die — eng mit dem Obercarbon verknüpft — berühmt sind durch ihren Reichtum an vorzüglichen Amphibien- (Stegocephalen-) Skeletten.

Die außerordentliche Entwicklung dieser Gruppe zu jener Zeit läßt die äußerlich verschiedenartigsten Charakterformen entstehen, so daß man fast von einem Anlauf zu der Mannigfaltigkeit sprechen kann, die wir im Tertiär, d. h. viel später, in der Gruppe der Säugtiere wiederfinden.

Auch in gewissen Teilen von China hat zur Permzeit ein ähnliches trockenes Klima geherrscht, wie in Mitteleuropa: vielleicht sind die betreffenden Ablagerungen als wirkliche Wüstenbildungen anzusprechen, d. h. in abflußlosen, trockenen Senken gebildet.

Im auffallenden Gegensatz zu den klimatischen Bedingungen der Nordhalbkugel stehen wohl diejenigen der südlichen: schon im Liegenden der Salt-Range-Schichten finden sich Lehme, in denen gekritzte Geschiebe liegen, und deren Entstehung nur durch die Annahme einer Vergletscherung erklärt werden kann: d. h. Moränen. Entsprechende Ablagerungen sind in Kaschmir bekannt. Vor allem aber gehören hierher — mindestens z. T. — die südafrikanischen Karroschichten; sie beginnen mit Blocklehmen, die auf einem durch jene Gletscher prachtvoll glatt ge-

schliffenen Felsuntergrund liegen; und ähnliche Verhältnisse trifft man in Brasilien und Australien. — Offenbar haben sich all diese Schichten auf den Rändern riesiger mehr oder weniger zusammenhängender Landmassen gebildet, in denen wohl größere Gebirge im Zusammenhang mit einem feuchten Klima mächtige Eismassen weit ins Vorland hinausgesandt haben. Man bezeichnet das Land, das wohl über große Teile der ganzen Südhalbkugel reichte, mit einem aus Indien stammenden Wort als das Gondwanaland. Als Leitfossil in jenen indischen sowie den genannten entsprechenden Ablagerungen treten vor allem die zungenförmigen Blattreste der Landpflanze „Glossopteris“ auf.

Daß übrigens dieses große Gondwanaland wohl nicht gänzlich von dem nord- und mitteleuropäischen Festland und seinem kontinentalen Ablagerungsgebiet getrennt gewesen ist, trotzdem sich dazwischen das „Mittelmeer“ ausbreitete, geht aus dem vereinzelt Auftreten von Glossopteris sowie der eigenartigen, ~~hier~~ entwickelten und mannigfaltig organisierten Reptilien der südafrikanischen Karroformation in Schottland und Rußland hervor.

Die wesentlichsten paläontologischen Daten sind bereits je an Ort und Stelle hervorgehoben.

(Fortsetzung folgt)

Besprechungen.

Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. Zweiter Band: Die allgemeine Relativitätstheorie und Einsteins Lehre von der Schwerkraft. Zweite umgearbeitete Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges., 1923. XII, 290 S. und 25 Abbild. 13 × 22 cm. Preis Gz. geh. 9; geb. 10,50.

Die erste Auflage dieses Werkes wurde im 10. Jahrgang dieser Zeitschrift (Heft 8, S. 185, 1922) besprochen. Die neue Bearbeitung unterscheidet sich von der ursprünglichen Gestalt in einigen Punkten, von denen die wesentlichsten hier genannt seien. Zunächst fällt auf, daß v. Laue das Vorzeichen der quadratischen Grundinvariante ds^2 umgekehrt wählt, als es sonst der Brauch und auch in seiner ersten Auflage zu finden ist. v. Laue hatte schon im Vorwort zu dieser darauf hingewiesen, welche formalen Nachteile aus der üblichen Vorzeichenwahl entstehen, bei der ds^2 positiv für zeitartige, negativ für raumartige Linienelemente ist, und hatte eine Änderung in Aussicht gestellt; dieses Versprechen hat er jetzt eingelöst mit dem Erfolge, daß viele Formeln durch den Fortfall von Minuszeichen vereinfacht werden. Erweiterungen des Buches finden sich ganz am Anfang (S. 8 ff.), wo die neuere Literatur über die Rotverschiebung berücksichtigt ist, ferner in der Tensoranalysis, die auf neue Grundlagen gestellt und durch einen Abschnitt (§ 11, S. 103 ff.) über die „Wellenausdrücke“ ergänzt ist, endlich am Ende (§ 27, S. 239 bis 250) durch einen ausführlichen Bericht über Einsteins kosmologische Theorien. Der Charakter des Buches im ganzen ist unverändert geblieben; man darf erwarten, daß es auch in der neuen Form viele Freunde finden wird.

M. Born, Göttingen.

Strasser, Hans, Einsteins spezielle Relativitätstheorie eine Komödie der Irrungen. Bern und Leipzig, E. Bircher A.-G., 1923. 59 S. und 12 Abbild. 15 × 24 cm. Preis 2 Fr.

Der Verfasser hat schon 1922 in einer Schrift gezeigt, daß es ihm nicht gelungen ist, den Sinn der beschränkten Relativitätstheorie zu erfassen. Da diese wichtige Tatsache damals wohl nicht genug beachtet ist, führt er den Beweis jetzt zum zweiten Mal; und in der Tat, das gelingt ihm auf jeder Seite seines Werks glänzend. Wir könnten vielleicht hier mit mehr Recht als der Verfasser von einer Komödie der Irrungen sprechen; doch wollen wir dies Shakespeare nicht antun.

M. v. Laue, Berlin.

Cermak, P., Die Röntgenstrahlen. Leipzig, J. A. Barth, 1922. 130 S. und 112 Textbilder. Preis Gz. 4; geb. 6.

Die vorliegende zusammenfassende Darstellung ist, von geringen Veränderungen abgesehen, ein Abdruck eines im Handbuch von L. Gratz erschienenen Artikels.

Nach einer kurzen historischen Einleitung folgt eine Beschreibung der wichtigsten Röntgenröhrentypen, wobei der Lichtenfeld- und Coolidge-Röhre entsprechend ihrer Bedeutung eine eingehendere Darstellung gewidmet ist. In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen der modernen Röntgenspektroskopie, die Lauesche Theorie der Raumgitterinterferenzen und die Braggssche Theorie der Netzebenenreflexion klargestellt und die verschiedenen Anwendungsformen, die sie in den Händen von Bragg, de Broglie, Debye und Scherrer, Siegbahn u. a. gefunden haben, besprochen. Dabei wird auch die apparative Seite der Röntgenspektroskopie entsprechend berücksichtigt. Die nächsten Abschnitte befassen sich mit dem Ionisationsmechanismus und den chemischen und biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen.

Die zweite Hälfte des Buches bringt eine eingehende Darlegung des kontinuierlichen Bremsspektrums und der charakteristischen Strahlung, wobei in den zahlreichen eingefügten Tabellen für Wellenlängen und Absorptionskoeffizienten die neuere Literatur bis Mitte 1922 berücksichtigt werden konnte. Den Schluß bildet ein Kapitel über die durch Röntgenstrahlung ausgelöste Elektronenstrahlung.

Das Buch bringt auf dem kleinen Raum von 130 Seiten eine große Fülle von Tatsachen, deren Verständnis durch zahlreiche, sehr anschauliche Abbildungen auf beste unterstützt wird. Ganz vereinzelt macht sich der vom Verfasser erwähnte Umstand, daß ihm die aus-

ländische Literatur nur mangelhaft zugänglich war, etwas störend geltend. Beispielsweise im letzten Kapitel, wo die von *Sadler* und *Barkla* angegebenen Resultate, daß die Geschwindigkeit der an verschiedenen Substanzen ausgelösten Elektronen unabhängig von der Natur dieser Substanzen sei, als experimentell und theoretisch widerlegt betrachtet werden müssen. Derartige kleine Mängel könnten aber bei einer Neuauflage leicht beseitigt werden.

Das Buch ist nicht nur geeignet, den Studierenden mit dem Gebiet vertraut zu machen, sondern auch dem Fachphysiker als handliches Nachschlagebuch zu dienen.

Lise Meitner, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

„Intarvin“. — Ein neues synthetisches Heilmittel gegen Diabetes.

Die Entdeckung des Intarvin, eines synthetischen Fettes, welches die Kohlenstoffatome in ungerader Zahl enthält, kann unsere Ansichten über die geeignete Diät bei Diabetes von Grund auf ändern. Das neue Heilmittel ist ein glyzerinfettsaures Salz, $(C_{16}H_{33}COO)_3 \cdot C_3H_5$, seine Wirksamkeit beruht auf der Tatsache, daß diese Fettsäure eine ungerade Zahl von Kohlenstoffatomen enthält im Gegensatz zu allen Fettsäuren in den natürlichen Fetten und Ölen mit einer geraden Zahl von C-Atomen.

Diabetes ist eine der gewöhnlichsten menschlichen Krankheiten und äußert sich darin, daß der Diabetiker nicht imstande ist, Stärke und Zucker abzubauen. Die Fette werden teilweise verdaut, und dann bildet sich die gefährliche Säuregruppe, die vier C-Atome enthält: Buttersäure, Oxybuttersäure, Acetessigsäure. Aus der Acetessigsäure entsteht Aceton, eine Substanz, die sich in der Atemluft und im Urin des Diabetikers zeigt. Die Anwesenheiten der Säuren gibt Veranlassung zur Acidosis, mit der die verminderte Fähigkeit des Blutes zusammenhängt, Kohlenoxyd aufzunehmen und durch die Atemluft auszuscheiden. Der Tod, dem gewöhnlich ein komatöser Zustand vorhergeht, erfolgt durch Acidosis, die immer eine Folge fehlerhafter Fettverdauung und Kohlehydratverdauung ist.

Im Jahre 1905 kam die Vermutung auf, daß bei der Fettverbrennung nach der Abspaltung des Glycerins von der Fettsäure diese oxydiert würde durch die Fortschaffung von zwei C-Atomen bei jeder Oxydationsstufe (β -Oxydationstheorie von *Knoop*). Kürzlich kam *Dr. Max Kahn*, Assistent am biochemischen Institut der Columbia-Universität, beauftragt mit der Erforschung von Stoffwechselkrankheiten am Beth-Israel-Hospital in New York City beim Studium dieser Frage zu der Überzeugung, daß die Richtigkeit dieser Theorie vorausgesetzt, eine Säure mit vier Atomen, nämlich die gefährliche Acetessigsäure, durch die Verdauung nicht entstehen würde, wenn man nicht von einem Fett ausgehe eine Fettsäure mit einer geraden Anzahl von C-Atomen enthielt ($C_{16}H_{32}O_2$, $C_{18}H_{34}O_2$ usw.), sondern von einer Säure mit einer ungeraden Anzahl von C-Atomen ($C_{17}H_{34}O_2$, $C_{19}H_{38}O_2$ usw.). Mit beträcht-

lichen Kosten wurde eine solche Säure mit einer ungeraden Zahl von C-Atomen hergestellt und daraus das Fett gewonnen. Die Mittel für diese Untersuchungen wurden durch das Beth-Israel-Hospital zur Verfügung gestellt. Versuche mit diesem künstlichen Fett zeigten, daß die Patienten schnell die Acidosis des Blutes und den nagenden Hunger verloren und sich im allgemeinen geistig und körperlich erholten. Leider können wir nicht erwarten, daß die Anwendung eines solchen Fettes dauernde Heilung von Diabetes bedeutet. Immerhin hebt es die acidotische Wirkung auf, deshalb muß der Patient das künstliche Fett als Speise von Zeit zu Zeit nehmen, sonst entsteht bei der Zufuhr von gewöhnlichem Fett von neuem die Gefahr der Acidosis.

Diese Fette haben dasselbe Aussehen, denselben Geschmack usw. wie neutrale Fette. Ihre Herstellung im Laboratorium stand zuerst unter der Leitung von *Dr. Kahn* und *Dr. H. O. Nolan*. Später entwickelte der Verfasser dieser Zeilen in seinem Laboratorium neue Methoden für die Herstellung, und kurz darauf richtete er eine fabrikmäßige Herstellung in Long Island City ein. Um die leichte Verdaulichkeit des Fettes zu vermehren, ist durch Hinzufügen von etwa 12prozentigem geschmacklosen Mineralöl der Schmelzpunkt auf die Körpertemperatur herabgesetzt.

Das neue Fett ist als Intarvin bekannt. (Intarvin bedeutet „Zwischenfett“.) Es wird für 9 Dollar pro Pfund verkauft gegen 300 Dollar Herstellungskosten für die ersten zwei Pfund. Ein Pfund braucht ein Patient ungefähr in zwei Wochen. Augenscheinlich ist die Behandlung ein einfacher Ersatz des gewöhnlichen für den Diabetiker giftigen Fettes durch ein anderes, welches erstens gerade so befriedigend als Nahrungstoff wirkt und zweitens nicht so schädliche Abbauprodukte gibt wie die Acetessigsäure. Bis zum Augenblick sind etwa 150 Patienten dieser Fettbehandlung unterzogen worden und haben eine gänzliche Beseitigung ihrer Acidosis erreicht.

New York, den 9. Oktober 1923.

Columbia Universität.

Ralph H. McKee,

Professor der technischen Chemie.

(Aus dem englischen Original übersetzt von Professor *Grafe*, Rostock.)

Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde.

Die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde hatte zu ihrer diesjährigen Hauptversammlung für den 20. bis 23. Oktober nach Berlin eingeladen. Wer sich durch das nicht sehr reichhaltige Programm nicht vom Besuch hatte abhalten lassen — und die zahlreiche Beteiligung zeigte, daß das nicht wesentlich der

Fall war —, sah sich belohnt, denn es wurde wissenschaftlich erheblich mehr geboten, als zu erwarten gewesen war, und nachdem am Samstag, den 19. Oktober, bereits zwei mehr einführende Vorträge von Prof. *Gürtler* (Charlottenburg) und Obering. *Ozochralski* (Frankfurt) gehalten worden waren, tagte die eigent-

liche große wissenschaftliche Sitzung am Sonntag von 10 Uhr vormittags fast ohne Unterbrechung bis gegen 7 Uhr abends.

Daß das Aluminium, wie sehr erklärlich, heute im Vordergrund des Interesses steht, zeigte eine Gruppe von Vorträgen, die sich mit diesem Metall beschäftigten. Obering, *Czochoński* (Frankfurt) sprach zunächst über *die üblichen Verunreinigungen im technischen Aluminium, Eisen und Silicium*. An Hand von Serienversuchen zeigte er in Lichtbildern die Erscheinungsformen dieser Stoffe. Daß das Silicium sich frei, das Eisen als Verbindung Al_3Fe findet, war bereits bekannt. Sehr interessant sind seine Untersuchungen über den Einfluß besonders des Eisens auf die Walzbarkeit. Durch Einschmelzen eisenreicherer Stücke in eisenarmes Aluminium kann er zeigen, daß der schädliche Einfluß auf die Walzbarkeit kein großer ist. Eigentümliche Warzenbildungen bei eisenreichem Aluminium lassen darauf schließen, daß die Eisen-Aluminium-Verbindung sich beim Erstarren ausdehnt, wie das auch von Silicium bekannt ist. Die Untersuchungsart des Vortragenden zeigte wieder, daß man auch technische Versuche mit wissenschaftlichem Geiste durchführen kann.

Sehr bemerkenswerte Studien beim *Walzen und Glühen von Aluminium* teilte Professor *Wetzel* (Berlin) mit. Er untersuchte besonders die Kornvergrößerung, die beim Glühen des gewalzten Metalls auftritt, und stellte fest, daß sich die beobachteten Erscheinungen z. T. durch die bekannten Beziehungen zwischen Kaltreckungsgrad, Glühtemperatur und Korngröße deuten lassen, das aber auch unerwartete Erscheinungen auftreten, namentlich das Entstehen von größeren Kristallen nur auf einer Blechseite, über deren Entstehung noch nicht vollständige Klarheit herrscht.

Die wichtige Frage der *Lötung von Aluminium* scheint nun auch eine gewisse Lösung gefunden zu haben. Professor *Bauer* (Großlichterfelde) konnte das recht günstige Ergebnis eines Preisausschreibens über Aluminiumlote mitteilen. Die mit größter Sorgfalt vom staatlichen Materialprüfungsamt ausgeführten Prüfungen haben ergeben, daß es in der Tat möglich ist, Aluminium haltbar zu löten, wenn auch die Lötung nicht mit derselben Leichtigkeit auszuführen ist, wie eine Weichlötung etwa von Messing oder Kupfer. Den ersten Preis erhielt nicht ein Lot selbst, sondern ein Flußmittel, das unter anderem Lithiumchlorid enthält und in Verbindung mit einer Reihe an sich bekannter Lote sich besonders gut bewährt hat. Den zweiten Preis erhielt ein kadmiumhaltiges Lot in Verbindung mit einem Flußmittel. Die Untersuchungen zeigten, daß in der Tat das Flußmittel der wichtigste Bestandteil beim Löten ist. Über die Prüfungsmethoden, die unter anderem in Ausbreitversuchen, Festigkeits- und Beständigkeitsuntersuchungen bestanden, wurden ausführliche Angaben gemacht, über die die Fachzeitschriften eingehender berichten werden.

Sehr interessante Mitteilungen verdankte man Professor *Günther-Schultze* (Berlin) über Schutzschichten von Aluminiumoxyd, die durch starke anodische Polarisation mit Spannungen bis zu 500 Volt auf Aluminium erzeugt werden können. Es handelt sich hier um das Phänomen, das beim Aluminiumgleichrichter auftritt und das hier zum Schutz von Aluminium gegen Korrosion sich als äußerst wirksam erwies. Bei der Bildung dieser Schichten wird als günstig angemerkt, daß Fehlstellen, die dadurch entstehen, daß an der Oberfläche etwa ein Eiseneinschluß liegt, die Neigung zum Ausheilen haben, wie das theoretisch auch ohne weiteres erklärlich ist. Die Polarisation wird in Borax-

lösung ausgeführt, bei Verwendung von Wechselstrom formieren sich beide Elektroden.

Im Anschluß an seine außerordentlich wichtigen Forschungen über die mechanischen Eigenschaften von Einkristallproben aus Kupfer führte Obering *Czochoński* (Frankfurt) *Raummodelle* vor, die in deutlichster Weise die Abhängigkeit der Festigkeits- und Dehnungseigenschaften von der kristallographischen Richtung darstellten. Die Unterschiede der Eigenschaften je nach Kristallaxe sind recht erheblich, und es fällt besonders auf, daß die Richtung größter Festigkeit gleichzeitig die stärkster Dehnung ist und umgekehrt. Beim Verfestigen durch Kaltreckung gleichen sich die Unterschiede weitgehend aus. An Aluminiumeinkristallen sind diese Forschungen noch nicht völlig durchgeführt, doch konnte der Vortragende sehr schöne Proben von tordierten, aufgewickelten und gebogenen Aluminiumkristallen zeigen, die auch vom ästhetischen Standpunkt aus erfreuten. Es kann hier auf diese Arbeiten, die, da sie das heißumstrittene Gebiet der Verfestigung betreffen, naturgemäß eine lebhaft Meinungsäußerung hervorriefen, leider nicht näher eingegangen werden. Damit waren die Vorträge, die sich mit dem Aluminium beschäftigten, abgeschlossen.

Über Methoden zur *Herstellung von Metallkörpern durch Zusammenpressen von Metallpulvern* unter hohem Druck und nachträglicher Temperung, ohne daß die Temperatur so weit gesteigert wird, daß eine flüssige Phase auftritt, berichtete Dr. *Sauerwald* (Breslau). Er behandelte den Einfluß von Korngröße, Kornform, Preßdruck und Preßgeschwindigkeit und zeigte sehr interessante Kornwachstumserscheinungen, die eintreten, wenn die Temperung höher als bei zwei Drittel der Schmelztemperatur ausgeführt wird. Diffusionserscheinungen scheinen dabei keine Rolle zu spielen, es handelt sich um Adhäsionskräfte, wie der Vortragende auch theoretisch auseinandersetzte. Daß diese Forschungen sowohl praktisch wie wissenschaftlich von Bedeutung sind, erscheint zweifellos, da das Verfahren dem alten Schmelzverfahren gegenüber sicherlich bisweilen gewisse Vorteile bieten kann.

Eine kurze Mitteilung zur Frage der *Konstitution von Messinglegierungen* der Zusammensetzung um 50–54% Kupfer machte Dr. *Masing* (Berlin). Er wies nach, daß die Annahme von *Carpenter*, daß der β -Mischkristall sich bei 470° in ein Gemisch von α - und γ -Mischkristalle zersetzt, nicht richtig sein kann, denn es gelang ihm durch Diffusionsversuche bei ca. 400° den β -Mischkristall zu erzeugen und einwandfrei nachzuweisen.

Über *Verchromung* berichtete sehr eingehend Dr. *Liebreich* (Berlin). Er diskutierte die elektrochemischen Bedingungen, unter denen sich Chrom metallisch abscheiden läßt, wozu eine ziemlich erhebliche Spannung gehört, er berichtete über das Arbeiten mit Lösungen, die das Chrom in verschiedenen Wertigkeitsstufen enthalten und zeigte eine große Zahl verchromter Gegenstände, die teils in matter, teils in glänzender Verchromung, wie sie direkt auf elektrolytischem Wege erhalten werden kann, ausgeführt waren. Die Verchromung dürfte der bisher fast ausschließlich angewandten Vernickelung starke Konkurrenz machen, da die Chromoberfläche besseren Rostschutz bietet, sehr gut haftet und das Verfahren nicht einmal teurer durchzuführen ist. Auch hier kann der Referent auf Einzelheiten leider nicht eingehen.

Nur erwähnt soll der mit großem Interesse gehörte und mit starkem Beifall aufgenommene Vortrag von

Assessor *Littauer* (Berlin) über den Niedergang der Deutschen Währung und sein Einfluß auf die Metallwirtschaft werden, weil die Ausführungen rein volkswirtschaftlicher Art waren.

Ganz zum Schluß berichtete noch Obering. *Czochralski* (Frankfurt) über eine Arbeit von *Rassow* und *Harnecker*, die gezeigt haben, daß Zwillingsbildungen auch in weichem Eisen unter gewissen Umständen eintreten können. Es handelt sich um sogenannte Defor-

mationszwillinge. Von den vorgeführten schönen Schlißbildern erweckten die besonderes Interesse, die Atzfiguren an der Grenze der Zwillingsstreifen zeigten.

Der Vorsitzende der Gesellschaft Professor *Gürtler* (Charlottenburg) begrüßte die Versammlung unter Hinweis auf die in heutiger Zeit besonders wichtigen Aufgaben der Metallforschung. Unter allgemeinem Beifall wurde Geheimrat *Tammann* (Göttingen) zum ersten Ehrenmitglied der Gesellschaft ernannt. *W. Fraenkel*.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 18. Juni hielt Prof. *Fritz Jaeger* (Berlin) einen geographischen Vortrag über die **Siebenbürger Sachsen**. Das von hohen Waldgebirgen umgebene Hügelland Siebenbürgens ist durch die breiten Täler von Sárosch und Marosch mehr nach Ungarn und damit nach Mitteleuropa geöffnet als nach Rumänien und der Balkanhalbinsel. Es ist eine vorspringende Grenzbastion Mitteleuropas gegen den Orient. Zu ihrer Sicherung rief der ungarische König Geisa II. im 12. Jahrhundert Deutsche aus der Moselgegend als Ansiedler in das bis dahin größtenteils dauernd Stellungen entbehrende Land. Sie sind von Anfang an bis auf den heutigen Tag die Kulturbringer in Siebenbürgen und haben den von ihnen besiedelten Teilen Siebenbürgens den Stempel deutscher Kultur aufgedrückt. Mit etwa 234 000 Seelen bilden sie jedoch nur ein starkes Zwölftel der Bevölkerung Siebenbürgens. Gegen 1½ Millionen der Bewohner sind Rumänen, über 900 000 Madjaren, dazu kommen noch Zigeuner und Juden. Die Deutschen, die sich nach mittelalterlichem Sprachgebrauch noch heute „Sachsen“ nennen, leben in Sprachinseln und Minderheiten mit Rumänen und Madjaren vermischt, rein deutsche Gebiete gibt es nicht mehr außer vereinzelten Dörfern. Bewundernswert ist, wie die Sachsen trotz der räumlichen Vermischung und trotz aller Kriegsstürme, die die Jahrhunderte ihnen beschert haben, ihr deutsches Volkstum in Sprache, Blut und Sitte rein erhalten haben. Ja, sie sind im steten Kampfe um ihr völkisches Dasein besonders bewußte Deutsche geworden. Über allen Parteilungen steht ihnen die Einheit des deutschen Volkes. Darin können sie uns Reichsdeutschen ein leuchtendes Vorbild

sein. Die Sachsen sind ein Bauernvolk, haben aber schon frühzeitig einen Gewerbe- und Handelsstand aus sich entwickelt. An Stelle des zünftigen Gewerbes tritt heute mehr und mehr die Großindustrie. Von den siebenbürgischen Völkern haben nur die Sachsen eine moderne Industrie zu entwickeln vermocht. Deshalb liegen die Industriegebiete Siebenbürgens im Land der Sachsen, um Hermannstadt, Kronstadt und Mediasch. Der Anschluß an Rumänien bedeutet für die Sachsen im allgemeinen eine Verschlechterung. Sie fühlen sich „aus Mitteleuropa nach dem Orient“ versetzt. Nur die Industrie hat durch den Zollanschluß an ihr natürliches Absatzgebiet Rumänien Vorteil gehabt. Politisch sind die Sachsen mit den anderen Auslandsdeutschen in Rumänien (im Banat, der Bukowina, Bessarabien und Alt-rumänien) zu einem Volk von 725 000 Seelen zusammengeschlossen. Die Deutschen bilden 4,3 % der Gesamtbevölkerung Rumäniens. Als schwache, in Sprachinseln zerstreute Minderheit kommt für sie auch bei gerechter Durchführung des Selbstbestimmungsrechts der Völker der Anschluß an Deutschland nicht in Betracht. Sie sind daher treue rumänische Staatsbürger, die aber ihr deutsches Volkstum wahren wollen. Die rumänische Agrarreform, durch die den Deutschen viel Boden fast ohne Entschädigung weggenommen wurde, und manche andere Maßnahmen, besonders in der Schulfrage, schädigen die Deutschen sehr. Doch darf man hoffen, daß auch die Rumänen erkennen werden, ein wie wertvoller Bestandteil die Deutschen für den rumänischen Staat sind, und daß sie ihnen alsdann volle völkische Freiheit lassen werden.

F. J.

Der internationale Physiologenkongreß in Edinburgh.

Vom 23. bis 27. Juli dieses Jahres hat in Edinburgh der XI. internationale Physiologenkongreß getagt. Eigentlich war es der zehnte; denn der Kongreß in Paris im Jahre 1920 hatte nicht das Recht, diesen Namen für sich zu beanspruchen: Mitteleuropa war nicht geladen. Diesmal kam nicht nur die in deutscher Sprache abgefaßte Einladung, sondern unerwartet öffneten sich für einen Teil von uns auch die sonst unüberschreitbaren Valütaschranken: durch die Freigebigkeit unbekannter Spender, die einem Ausschuß holländischer, englischer und amerikanischer Kollegen das Reisegeld für deutsche Fachgenossen zur Verfügung stellten, und durch die Gastfreundlichkeit einiger Edinburgher Familien. Die schlichte, phrasenfreie Lebenswürdigkeit, mit der wir von unseren Gastgebern und von den englischen Kollegen aufgenommen wurden, wird sicher jeder von uns in dankbarer Erinnerung behalten. Vor dem Trugschluß, sie etwa als Ausdruck der allgemeinen Stimmung Englands gegenüber Deutschland zu deuten, schützte die Lektüre des „Scotsman“, Edinburghs größter Tageszeitung, zur Genüge, die bedeutungsvolle Tatsache bleibt bestehen, daß zum ersten Male seit langen Jahren wieder Ver-

treter aller Völker sich zu friedlicher Arbeit vereinten. Die Promotion von Ehrendoktoren aus acht verschiedenen Nationen (darunter des Deutschen *Albrecht Kossel* und des Österreichers *Hans Horst Meyer*) brachte dies feierlich zum Ausdruck. Zwar hatte die große Mehrzahl der Franzosen und Belgier sich auf Grund der Einladung Deutscher grollend zurückgezogen, aber einige waren auch von ihnen erschienen, und der Pariser Physiologe *Richet* bekannte offen, daß er gekommen sei, weil er außer der Nation auch noch dem größeren Vaterlande zu dienen habe, der Wissenschaft.

Über die wissenschaftliche Ausbeute des Kongresses in Kürze zu berichten, ist schwierig. Was soll man aus der reichen, allzu reichen Flut von Mitteilungen, die sich viersprachig in drei gleichzeitig fließenden Strömen über das müde Gehirn ergoß, hervorheben? An erster Stelle natürlich das *Insulin*. Vor mehr als 30 Jahren haben die deutschen Forscher *v. Mering* und *Minkowski* die grundlegende Entdeckung gemacht, daß die Exstirpation der Bauchspeicheldrüse eine schwere Form von Zuckerkrankheit erzeugt. Sie beruht auf dem Fortfall eines Stoffes, der in einer besonderen Zell-

formation, den Langerhansschen „Inseln“, erzeugt und an die Blutbahn abgegeben wird. *Banting* in Toronto ist es gelungen, die wirksame Substanz, um deren Auffindung sich viele vergänglich bemüht hatten, das „Insulin“, rein zu gewinnen. In einem formvollendeten Vortrage, mit dem der Kongreß eröffnet wurde, berichtete der Leiter des Instituts von Toronto, *MacLeod*, zusammenfassend über die Ergebnisse, die er und seine Mitarbeiter bisher mit dieser wunderbaren Substanz erzielt haben, von der wir anscheinend nicht bloß ungeahnte Aufschlüsse über den Zellchemismus, sondern auch ein wichtiges Mittel für die Behandlung der Zuckerkrankheit erhoffen dürfen. Gegenüber diesem Neuankunft wissenschaftlicher Forschung traten die Fortschritte in der Beackerung schon lange bestellter Felder mehr in den Hintergrund. Von den Mitteilungen deutscher Forscher seien besonders hervorgehoben die inter-
essanten Ausführungen Kühners über den Zusammenhang von Wachstum und Wassergehalt des Organismus und der experimentelle Nachweis *Warburgs*, daß der Einfluß der verschiedenen Lichtstrahlen auf die pflanzliche Assimilation der Quantentheorie folgt.

Die Demonstrationen, sonst mit der wertvollste Teil eines Kongresses, blieben trotz ihrer gleichfalls beträchtlichen Zahl an Bedeutung zurück, und da die deutsche Mechanikerkunst nicht vertreten war, suchte man vergänglich nach größeren technischen Errungenschaften. Vier Filme erregten großes Interesse: Ein

russischer Film schilderte anschaulich die Lebensgewohnheiten eines großhirnlosen Hundes, *Krogh* (Kopenhagen) zeigte seine mit dem Nobelpreis gekrönte Beobachtung der wechselnden Blutdurchströmung eines Organs infolge Änderung der Weite der Kapillaren. *Frank* (München) eine neue ingenieure Methodik, die eine Analyse der Herzbewegungen von bisher unerreichter Präzision gestattet, und ein Pariser Film demonstrierte in zum Schluß etwas vaudevillenhäßiger Aufmachung eine Verjüngung beim Menschen durch Transplantation von Chimpanseohoden.

Außer der Eröffnungssitzung vereinigten noch zwei gemeinsame Sitzungen die Kongreßteilnehmer: *Richets* meisterhafte Rhetorik war sicher ein hoher akustischer Genuß; daß aber die Telepathie eine experimentelle Wissenschaft sei, die in den Bahnen *Ul Bernards* und *C. Ludwigs* wandelt, diese Überzeugung wird wohl aus seinen Ausführungen auch der nicht davongetragen haben, der diesen Erscheinungen mit größtem Interesse und völliger Unvoreingenommenheit gegenübersteht und ihre vorurteilslose Untersuchung für eine dringende Forderung hält. Die Schlusssitzung, in der, mit großem Beifall begrüßt, der Altmeister der russischen Physiologie, *Pawlow*, durch den Mund seines Sohnes über die neuen Ergebnisse seiner Arbeiten berichtete, ließ, konnte uns Deutschen die tröstliche Zuversicht geben, daß die wissenschaftliche Forschung auch die ärgsten Wirren siegreich zu überdauern vermag. *Hans Winterstein*.

Physiologische Mitteilungen.¹⁾

Eine Vorlesung über die Physiologie des Insulin. (*H. A. Dale*, *Lancet* Bd. 204, Nr. 20, S. 989—993, 1923.) Nach einer historischen Einleitung wurden besprochen 1. die Langerhansschen Inseln als Quelle einer inneren Sekretion. Die Frage, ob die Langerhansschen Inseln beim menschlichen Diabetes verändert sind, konnte nicht gelöst werden, weil das Untersuchungsmaterial ganz frisch sein muß, dagegen gelang es *Allen* nachzuweisen (im Tierversuch mit den Färbemethoden von *Bensley* und *Lane*), daß die β -Zellen der Langerhansschen Inseln im Diabetes ihre Granula verlieren und vakuolisiert werden. Trotzdem gelang es vielen Untersuchern nicht, das wirksame Prinzip zu isolieren. 2. Die Entdeckung des Insulins durch *Banting* und *Best*, welche die sezernierenden Zellen des Pankreas durch Gangunterbindung zerstörten und aus dem Drüsenrest durch Salzlösung das wirksame Prinzip extrahierten und seine Wirksamkeit auf den Blutzucker des pankreasdiabetischen Hundes nachwiesen. Dann gelang auch die Darstellung aus Pankreas von geschlachteten Tieren, durch fraktionierte Alkoholfällung. 3. Die chemische Natur des Insulins. Es ist nicht chemisch rein dargestellt, aber bereits in sehr stark wirksamen Präparaten. Schon 0.25 mg Substanz können an Kaninchen die charakteristischen Krämpfe hervorrufen. Da es also eine höchst adsorbierte Substanz ist, so ist die wirklich wirkende Menge wohl noch viel kleiner. *Dudley* fand, daß ein durch Pikrinsäure erzeugter Niederschlag alles Insulin aus seinen Lösungen mitreißt. Es ist wahrscheinlich ein höchst komplexes Eiweißderivat. Es wird durch Pepsin und Trypsin zerstört. Daher ist seine Anwendung bei der Therapie nur durch Injektion möglich, nicht durch Zufuhr per os. In saurer Lösung kann es ½ Stunde auf 100° erhöht werden, ohne zerstört zu werden. In alkalischer Lösung ist es nicht haltbar. Die Erkennung seiner Struktur ist sehr schwierig, zunächst kann nur auf

eine Darstellung stabiler Präparate gehofft werden. 4. Sein Vorkommen in der Natur. Bei den Wirbeltieren kommt es nur in den Langerhansschen Inseln des Pankreas vor, doch haben *Winkler* und *Smith* und *Collip* es auch in Substanzen mit insulinähnlicher Wirkung in Heide, rasch wachsenden Pflanzen, Muscheln nachgewiesen. 5. Seine Fähigkeit, die innere Sekretion des Pankreas zu erröthen. Beim pankreasdiabetischen Tier bringt es die Erscheinungen des Diabetes zum Bewußtsein, beim normalen Tier senkt es den Blutzucker, aber nicht durch unmittelbare vermehrte Zuckerverbrennung. 6. Der Zusammenhang der Insulinwirkung mit der Zuckerverbrennung. Nach Insulingabe steigt zunächst der R. Q., aber nur durch vermehrte CO₂-Abgabe, während der Sauerstoffverbrauch unverändert bleibt. Sinkt also der Blutzucker, so sinkt auch der Gaswechsel (in ½ Stunde um 50%) und die Körpertemperatur. Wenn der Zucker trotzdem verschwindet, muß er in andere Stoffe umgewandelt sein. Er wird also nicht zu Glykogen polymerisiert. Auch eine Umwandlung in Fett konnte nicht nachgewiesen werden. Der Zucker verschwindet, aber wir wissen nicht, wie. 7. Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse. Am meisten mit dem gegenwärtigen Stande scheint *Dale* folgende Annahme zu liegen: Insulininjektion bezweckt beim normalen Tier zunächst allein Steigerung der Zuckerverbrennung in solchem Maße, daß der Organismus an Kohlehydrat so verarmt, daß der Blutzucker sinkt. Dann tritt Sinken des Gaswechsels ein, und statt Zucker wird Eiweiß und Fett verbrannt. Die Möglichkeit, daß α - β -Glukose in γ -Glukose umgewandelt wird (*Winter* und *Smith*, *Emden-Laquer*), scheint *Dale* weniger in der Lage zu sein, das Verschwinden des Zuckers aus dem Blute zu erklären.

Der Einfluß des Ernährungszustandes des Tieres auf die Insulinhypoglykämie. (*N. A. McCornick*, *J. J. R. Macleod*, *E. C. Noble* und *K. O'Brien*, *Journ. of physiol.* Bd. 57, Nr. 3/4, S. 234—252, 1923.) Das

¹⁾ Aus den Berichten über die gesamte Physiologie und experimentelle Pathologie.

Sinken des Blutzuckers nach Insulingabe kann entweder durch verstärkte Zuckerabwanderung in die Gewebe oder durch verminderten Zuckerzufluß aus der Leber verursacht sein. Die Blutglykolyse nimmt nicht zu. Der respiratorische Quotient diabetischer Tiere steigt nach Insulingabe, das herausgeschnittene Herz entnimmt der Nährflüssigkeit erheblich mehr Zucker, wenn der Nährflüssigkeit Insulin zugesetzt wird. Um die Frage zu entscheiden, untersuchen die Verfasser die Insulinwirkung bei Tieren mit glykogenreicher Leber und bei Tieren mit glykogenarmer Leber (Hunger, Adrenalin und Phlorizinvergiftung). Verff. sind der Meinung, daß, falls die Insulingabe vermindert auf die Zuckerbildung in der Leber wirkt, zwischen glykogenreichen und glykogenarmen Tieren sich kein Unterschied ergeben dürfte, da die Größe der Glykogenolyse nicht abhängig vom Glykogengehalt der Leber sei. Das verwendete Insulin stammte vom Pankreas des Rochens, es gab weder Miltonsche noch Biuret, noch die Reaktion nach Hopkins-Collip. Subkutane und intravenöse Injektion gab im wesentlichen das gleiche Resultat, nur sinkt bei intravenöser Injektion die Blutzuckerkurve anfangs rascher, und steigt früher wieder an. Glykogenreiche und glykogenarme Tiere unterscheiden sich nun gegenüber der Insulinwirkung in verschiedenen Punkten. Sehr kleine Dosen Insulin sind beim glykogenarmen Tier noch von deutlicher Wirkung, während sie beim glykogenreichen Tier den Blutzucker unverändert lassen. Toxische Symptome treten früh und häufiger bei glykogenarmen Tieren auf, aber intensive Krämpfe werden mehr bei glykogenreichen Tieren beobachtet. Diese Krämpfe sind denen, welche nach Labyrinthstörungen auftreten, sehr ähnlich (Barany). Das Wiederansteigen des Blutzuckers findet sich früher und in ausgiebigerem Maße beim glykogenreichen Tier. Aber das Wiederansteigen des Blutzuckers ist von Tier zu Tier verschieden. Unmittelbar nach der Insulindose ist für jede wirksame Insulindose und für jede Tierart der Verlauf der Blutzuckerkurve für 30 Minuten der gleiche. Dagegen ist der Zeitpunkt des Wiederansteigens und die Steilheit des ansteigenden Scheitels sehr verschieden. Um den Gehalt der Extrakte an wirksamer Substanz zu schätzen, wird vorgeschlagen, Kaninchen, welche seit 24 Stunden ohne Nahrung sind, zu benutzen, stets von etwa gleichem Gewicht. Immer drei Tiere auf einmal untersuchen. Blutzucker nach 1½ und 3 h bestimmen. Nach 3 Stunden soll der Blutzucker unter 0,045 % sein, und sollen Krämpfe auftreten bei allen drei Tieren. Ist dies nicht der Fall, so wiederhole man mit der doppelten Dose Insulin. War die erste Dose zu groß, mit der halben. Die Tiere sterben nicht, wenn ihnen sofort nach Eintreten der Krämpfe Traubenzucker (3 g pro kg) subkutan zugeführt wird. Hinsichtlich des Mechanismus der Entstehung der Hypoglykämie nehmen Verff. an, daß das Insulin in den Geweben des Körpers ein Zuckervakuum erzeugt, so daß der Blutzucker so rasch das Blut verläßt, daß die Leber nicht entsprechend schnell den verschwundenen Zucker ersetzen kann.

Das Auftreten der Ketonkörper im Urin normaler Kaninchen bei Insulinhypoglykämie, eine experimentell erzeugte acute Acidosis. (J. B. Collip, Journ. of biol. chem. Bd. 55, Nr. 2, S. XXXVIII—XXXIX, 1923.) Verff. nimmt an, daß das Insulin beim normalen Tier die Glykogenbildung in den Geweben so stark steigert, daß der Blutzucker stark sinkt. Dadurch denkt er sich die Zuckerverbrennung stark beeinträchtigt und sucht infolgedessen im Urin von Kaninchen

mit Insulinhypoglykämie und Krämpfen nach Ketonkörpern. Er findet 50—100 mgr pro 100 ccm Urin nach der Methode von van Glyke und ebenso ein Sinken der Kohlensäurekapazität des Blutes (welche wohl durch bei den Krämpfen gebildete Milchsäure verursacht wird; Ref.). Wenn das Tier sich nach Zuckergabe wieder erholte, kehrte die Kohlensäurekapazität des Blutes zum normalen Wert zurück (in 1—2 Tagen) und der Urin wurde wieder von Ketonkörpern frei. Das Sinken der Kohlensäurekapazität des Blutes trat aber nicht immer, sondern nur in einem Teil der Fälle auf.

Insulin. (J. J. R. MacLeod, Lancet Bd. 205, S. 198 bis 204, 1923.) Enthält den größten Teil der vom Verfasser auf dem internationalen Physiologenkongreß in Edinburgh gegebenen Referats. Besprochen werden 1. der Einfluß des Insulins auf den Stoffwechsel der Kohlehydrate und Fette beim pankreasdiabetischen Tier. Es bewirkt hier Ablagerung von Glykogen in der Leber, Steigen des respiratorischen Quotienten und Absinken des Blutzuckers zur Norm (Banting und Bert). Die Angaben von Winter und Smith über das Verhältnis des Polarisationswertes des Blutzuckers zum Reduktionswert beim diabetischen Organismus vor und nach Insulingabe konnten bestätigt werden, die Angabe, daß Insulin aus α -D-Glukose bei Gegenwart von Leberextrakt γ -D-Glukose bildet, dagegen nicht. Insulin bringt ferner beim pankreaslosen Hund Lipämie und Acetonämie zum Verschwinden. 2. Der therapeutische Einfluß des Insulins. Es bringt beim Diabetes des Menschen ebenfalls die diabetischen Symptome zum Verschwinden. 3. Der Einfluß des Insulins auf den Blutzucker normaler Tiere. Es setzt in ganz kurzer Zeit den Blutzucker herab, aber nicht durch Vermehrung der Glykolyse im Blute, sondern durch vermehrte Abwanderung des Zuckers aus dem Blute in die Gewebe. Bei glykogenreichen Tieren steigt dann nach kurzer Zeit der Blutzucker wieder an, bei glykogenarmen sinkt er dauernd ab und kann zum Tode des Tieres führen. Große Insulindosen führen beim normalen Tier Abnahme des Glykogens in Leber und Muskel herbei. 4. Die Symptome der Hypoglykämie. Sinkt der Blutzucker beim Kaninchen unter 0,045 %, so tritt ein charakteristischer Symptomenkomplex auf. Muskelschwäche, Unbewegbarkeit und Krämpfe, Absinken der Körpertemperatur. Beim Menschen treten die ersten subjektiven Erscheinungen bei 0,07 % Blutzucker auf. Durch Glukosezufuhr werden die Erscheinungen sofort beseitigt. Bei glykogenreichen Tieren wirkt auch Adrenalin heilend. Nach Olmetat und Logan soll Anoxämie bei der Erzeugung der hypoglykämischen Krämpfe eine Rolle spielen (durch Beeinflussung der Nervenzentren in Pons und Medulla). 5. Die Auswertung der Insulinpräparate. Gewicht durch Prüfung der blutzuckersenkenden Wirkung am Hungerkaninchen (24 Stunden Hunger). Die Einheit ist die Menge, welche in 4 Stunden bei einem Kaninchen von 2 kg den Blutzucker auf 0,045 % herabsetzt. 6. Die Wirkung des Insulins bei experimentellen Hyperglykämien. In allen Fällen, in denen der Blutzucker exogen oder endogen heraufgesetzt ist, wird er durch Insulin herabgedrückt. Die glykogenolytische Aktion des Adrenalins wird durch Insulin aufgehoben (E. C. Noble) und es konnten nach Adrenalingabe durch sehr große Insulindosen hypoglykämische Krämpfe erzeugt werden, wenn die Leber noch über 10 % Glykogen enthielt. 6. Der physiologische Mechanismus, durch welchen Insulin den Blutzucker herabsetzt. Beim herausgeschnittenen Säugtierherz geht unter Insulinwirkung etwa die vier-

fache Menge Zucker in den Herzmuskel über als ohne Insulin (*Heptum* und *Latchford*). An der Schildkrötenleber konnte *Noble* unter Insulinwirkung keine vermehrte Glykogenbildung und keine vermehrte Zuckerabwanderung aus der Durchströmungseffizienz nachweisen. Die Beobachtung des Gaswechsels zeigt, daß bei Insulingabe die Zuckerwanderung beim normalen Tier nicht gesteigert ist, der Mechanismus, durch welchen Insulin den Blutzucker herabsetzt, ist daher noch ganz im Unklaren. 7. Die Quelle des Insulins bei den höheren Tieren. Das Insulin stammt aus den Langerhansschen Inseln. *MacLeod* konnte dies dadurch beweisen, daß er das Pankreas von Knochenfischen auf Insulin verarbeitete. Bei diesen liegt das Inselgewebe in Knötchen, welche vom in den Darm sezernierenden Teile räumlich getrennt sind. Nur aus dem Inselgewebe ließ sich Insulin darstellen. 8. Chemische Eigenschaften und Darstellung des Insulins. Es wird durch fraktionierte Fällung mit Alkohol aus frischem Pankreas gewonnen; da es erst in Alkohol von 92 % unlöslich ist, kann es so von dem größten Teil der Eiweißkörper getrennt werden. Durch Trypsin wird es zerstört. Es wird sehr leicht adsorbiert und diffundiert nicht. In saurer Lösung ist es beständig. Es ist phosphorfrei, aber enthält Schwefel. Der isoelektrische Punkt liegt zwischen $pH = 5$ und 6 . Ob es ein Eiweißkörper ist oder nur an einen solchen adsorbiert, ist noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Untersuchungen über die Physiologie der Leber. (*Frank C. Mann* und *Thomas B. Maugh*, *Americ. Journ. of physiol.* Bd. 65, Nr. 2, S. 403—417, 1923.) Die Wirkung des Insulins auf den Blutzucker nach totaler und teilweiser Entfernungen der Leber. Verff. haben früher mitgeteilt, daß bei Hunden nach totaler Leberexstirpation der Blutzucker sinkt, daß bei einem gewissen Grade der Hypoglykämie charakteristische Symptome auftreten, welche durch Glukosezufuhr zum Verschwinden gebracht werden. Auf Wunsch von *MacLeod* und *Banting*, welche nach Insulingaben genau das gleiche fanden, wie *Mann* nach Leberexstirpation, untersuchen Verff. den Einfluß der Leberexstirpation auf die Insulinwirkung. Nach Leberexstirpation sinkt der Blutzucker in fünf Stunden von 0.1 auf 0.04 %, dann treten die Krankheitserscheinungen der Hypoglykämie auf. Nach Insulininjektion (1 Einheit pro kg Körpergewicht) sinkt der Blutzucker also viel schneller — bereits in $3\frac{1}{2}$ Stunden — auf den niedrigen Wert, bei dem das hypoglykämische Krankheitsbild auftritt. Änderte sich nun die Zuckerkurve nach Insulingabe durch vorherige Leberexstirpation nicht, so war damit bewiesen, daß die hypoglykämische Insulinwirkung unabhängig von der Leber vor sich geht. Es wurde am selben Tier — das vorher behandelt war durch zweiseitige Operation, umgekehrte Eicksche Fistel, Unterbindung der V. porta — die Insulinzuckerkurve aufgenommen vor und nach totaler Leberexstirpation. Das Ergebnis war im Mittel aus 4 Versuchen:

	Blutzucker	
	vor	nach
	Leberexstirpation	
vor der Insulingabe ..	0,107 %	0,093 %
$\frac{1}{2}$ St. nach Insulingabe	0,047 %	0,042 %

Durch Insulingabe wurde also in einer halben Stunde das Absinken des Blutzuckers auf einen Wert erzielt, der durch Leberexstirpation erst nach 6 Stunden er-

reicht wird. Nach Exstirpation der Leber ändert sich die Insulinzuckerkurve nicht wesentlich. Zum Zustandekommen der Insulinhypoglykämie ist also die Gegenwart der Leber nicht notwendig, obwohl die Symptome der Insulinhypoglykämie und der Hypoglykämie nach Leberexstirpation genau die gleichen sind. Dagegen ist zur Restitution des Blutzuckers — mit und ohne Dextrinzufuhr — auf normale Höhe, nach Abklingen der Insulinwirkung, die Gegenwart der Leber notwendig. Verff. glauben daher, daß die Leber doch direkt oder indirekt durch das Insulin beeinflusst wird. Sie stellen weitere Versuche in Aussicht, welche die Frage klarstellen sollen, ob mit und ohne Leberexstirpation nach Insulingabe das Verschwinden in die Blutbahn injizierten Zuckers mit derselben Geschwindigkeit vor sich geht. Die Exstirpation von $\frac{3}{4}$ der Leber bei kleinerer Insulingabe war ebenfalls auf die Zuckerkurve ohne Einfluß.

Der Ursprung des Insulins. Eine Untersuchung über die Wirkungen, welche Extrakte aus dem Pankreas und Extrakte aus den Langerhansschen Inseln auf den Blutzucker haben. (*J. J. R. Macleod*, *Journ. of metabolic research* Bd. 2, Nr. 2, S. 149—172, 1922.) Ein direkter Beweis dafür, daß das innere Sekret des Pankreas aus den Langerhansschen Inseln stammt, fehlt. Die bisher herrschende Meinung der Histologen (*Laguesse*, *Bau*, *Sivale*, *Vincent* und *Thompson*), daß Inselzellen und sekretorische Zellen ineinander übergehen können, ist durch *R. R. Bensley* zurückgewiesen worden, und *Rennie* hat entdeckt, daß bei den Knochenfischen die Langerhansschen Inseln in besonderen Knötchen räumlich getrennt von den sekretorischen Elementen des Pankreas liegen, während bei den Knorpelfischen beide Gewebelemente miteinander vermischt liegen. Verff. untersucht nun, welche Wirkung alkoholische Extrakte aus dem Pankreas von Knorpelfischen (*Squalus*, *Raja*) und untersucht aus den Langerhansschen Inseln von Knochenfischen, andererseits aus dem sezernierenden Teil des Pankreas bei dieser Tierklasse (*Myxoccephalus*, *Lophius*) auf den Blutzucker des normalen Kaninchens haben. Die Tierorgane wurden mit Alkohol extrahiert, der Alkohol bei 30° durch einen darüber geleiteten warmen Luftstrom abgeblasen, der so eingedampfte Extrakt entweder direkt oder nach Ausschüttelung mit Äther injiziert. Die Extrakte aus dem Pankreas von *Raja* gaben keine Biuretreaktion, ganz schwache Xanthoproteinreaktion und hatten die übliche Wirkung auf den Blutzucker des normalen Kaninchens (Herabsetzen auf 0,026 % in 2 Stunden 10 Minuten, hypoglykämische Krämpfe). Bei den Knochenfischen waren nur die Extrakte aus den Langerhansschen Inseln wirksam, die Extrakte aus dem in den Darm sezernierenden Teil des Pankreas nicht. Die Langerhansschen Inseln liegen zu Knötchen vereinigt im Mesenterium, der Milz vorgelagert, dicht bei der Vena porta, einige weitere liegen in der Nähe des Pylorus. Sie sind häufig eingekapselt und enthalten wenige oder gar keine sezernierenden Zellen. Vom sezernierenden Teil des Pankreas, der in dünnen Streifen im Mesenterium den Darm entlang gelegen ist, sind sie mit bloßem Auge leicht abtrennbar. Die Ausbeuten an Insulin waren sehr groß. Aus 1,2 g Material (nach Alkoholextraktion gewogen) wurden über 3 Kanincheinheiten gewonnen. Aus den an *Lophius piscatorius* erhaltenen Resultaten konnte der sichere Schluß gezogen werden, daß Insulin nur in den Knötchen vorhanden ist, in welchen das Inselgewebe liegt, während aus dem in den Darm sezernierenden Teil der Drüse kein Insulin erhalten werden konnte.

E. J. Lesser, Mannheim.

Astronomische Mitteilungen.

Das Spektrum des Nordlichtes enthält außer einer Reihe von schwächeren Linien eine besonders starke Linie im Gelbgrünen. Von den schwächeren Linien konnte Stark überzeugend nachweisen, daß dieselben teils Banden, teils Linien des Stickstoffspektrums sind. Dagegen ist es bisher nicht gelungen, den Ursprung der grünen Nordlichtlinie, d. h. die Zugehörigkeit dieser Linie zu dem Spektrum eines bestimmten Elementes, mit Sicherheit nachzuweisen. Sowohl die Vermutung von Runge, daß es sich um eine Kryptonlinie handle, als auch die von Stark, der die grüne Nordlichtlinie mit einem Dublett des Stickstoffspektrums identifizieren wollte, haben sich als unhaltbar erwiesen. Um der Lösung dieser Frage überhaupt näher kommen zu können, ist es vor allem nötig, die Bestimmungsgrößen dieser Linie, also die Helligkeit, Breite und Wellenlänge möglichst genau festzulegen. Einen wesentlichen Fortschritt in dieser Richtung bedeutet hier eine Arbeit von H. D. Babcock (Astrophys. Journ. 57, 209, 1923), dem es gelungen ist, die grüne Nordlichtlinie nach einer Interferenzmethode zu untersuchen. Die Möglichkeit hierfür ist durch die schon seit längerer Zeit bekannte Tatsache gegeben, daß man in dunklen Nächten, also bei Neumond oder ehe der Mond aufgegangen ist, auch dann, wenn keine eigentliche Nordlichterscheinung sichtbar ist, mit einem auf den Himmel gerichteten Spektralapparat eine schwache gelbgrüne Linie beobachten kann, die mit der Nordlichtlinie identisch ist. Lord Rayleigh konnte in England die Linie in zwei bis drei Nächten photographieren auch dann, wenn der Himmel teilweise bewölkt war. Diese Erfahrung, daß das Spektrum des Nachthimmels also praktisch monochromatisch ist und aus der grünen Nordlichtlinie besteht, machte sich Babcock zunutze. Die Beobachtung mit einem Interferenzapparat wird trotz der geringen Lichtstärke der Erscheinung dadurch möglich, daß man keinen Spektralapparat zur spektralen Vorzerlegung des Lichtes zu benutzen braucht, durch den bekanntlich viel Licht verloren geht, und daß man bei genügend sorgfältiger Justierung sehr lange Expositionszeiten verwenden kann. Die Anordnung von Babcock ist nun im Prinzip sehr einfach. Vor eine auf unendlich eingestellte photographische Kamera mit sehr lichtstarkem Objektiv wird ein Interferometer in Form eines Etalons nach Perot und Fabry gesetzt. Auf der Platte entstehen dann konzentrische Interferenzringe, die ihre Entstehung lediglich dem Licht der grünen Nordlichtlinie verdanken. Die Versuche, die teils in Pasadena, teils auf dem Mount Wilson, ausgeführt wurden, ergaben schon bei einer provisorischen Anordnung ein günstiges Resultat. Der bei den endgültigen Versuchen verwendete Apparat bestand aus einer Kamera mit einer anastigmatischen Dallmeyer-Kinematographenlinse von 76,8 mm Brennweite und einem Öffnungsverhältnis $f:1,9$, das allerdings durch das davorgesetzte Interferometer auf $f:3$ abgeblendet wurde. Dies bestand aus zwei planparallelen Platten aus Glas oder geschmolzenem Quarz, die in der üblichen Anordnung vor der Kameralinse montiert wurden. Sie waren mit einem dünnen Niederschlag kathodisch zerstäubten Goldes versehen. Gold wurde wegen seiner großen Durchlässigkeit für grünes Licht

benutzt. Das ganze Instrument wurde zum Wärmeschutz in einen hölzernen Kasten gesetzt, der vor dem Interferometer einen Verlängerungsansatz von 1,5 m Länge trug. Dieser war vorne durch eine Glasplatte abgeschlossen. Dieser ganze Kasten wurde nochmals mit Wolle umpackt und in einen zweiten noch größeren Holzkasten gesetzt, so daß sich die Temperatur im Innern nun um weniger als $0,1^\circ \text{C}$ während einer Exposition änderte. Es wurden nun Aufnahmen gemacht mit stufenweise veränderten Abständen der Interferometerplatten, wobei die Interferenzordnungen sich von 3700 bis etwa 85 000 Wellen änderten. Auch bei der letzten sehr hohen Ordnung waren die Interferenzringe noch ganz scharf. Hieraus läßt sich schließen, daß die Breite der grünen Linie nicht größer als 0,035 AE. ist, und daß die Linie, wenn sie nicht einfach ist, aus Komponenten besteht, die um weniger als 0,035 AE. voneinander getrennt sind.

Was die Helligkeit der Linie betrifft, so waren Änderungen im Verhältnis 1:3 bis 1:4 nicht selten. Am hellsten war die Erscheinung in den Nächten vom 11.—12. und 12.—13. Juli 1922. Bemerkenswert ist, daß zur gleichen Zeit am Sonnenrande eine große Protuberanz sichtbar war. Der absolute Betrag der Flächenhelligkeit wurde geschätzt durch Vergleich der Nordlichthelligkeit mit der Helligkeit der grünen Linie einer Quecksilberlampe. Es ergab sich hierfür etwa das Verhältnis 1:10⁸. Auch die Wellenlänge der Nordlichtlinie wurde durch Vergleich mit der grünen Quecksilberlinie $\lambda = 5460,746 \text{ AE.}$ und der gelben Neonlinie $\lambda = 5852,488$ neu bestimmt, eine Bestimmung, die sich mit dem Interferometer sehr genau und leicht durchführen läßt, wenn der ungefähre Wellenlängenwert bekannt ist. Als Mittelwert aus einer Reihe sehr sorgfältiger Bestimmungen ergab sich der Wert $\lambda = 5577,350 \pm 0,005$ intern. AE. Auffälligerweise ist dieser Wert um 0,48 AE. kleiner als der Wert von Slipher und um 0,63 AE. kleiner als der von Vegard. Es kann jedoch kein Zweifel darüber bestehen, daß der neue Wert der richtige ist.

Diese genaue Festlegung der Wellenlänge der grünen Nordlichtlinie wird bei der Lösung der Frage nach dem Ursprung der Linie sicher von größter Bedeutung sein. Allerdings lassen sich vorläufig aus den vorliegenden Untersuchungen hierüber noch keine sicheren Schlüsse ziehen. Doch kann man, wie Babcock es tut, versuchen, aus der gemessenen Breite der Linie unter der Annahme, daß dieselbe lediglich durch den Dopplereffekt bedingt ist, das Atomgewicht des Trägers zu bestimmen. Dazu ist aber eine Annahme über die Temperatur der Atmosphäre an der Stelle, wo die Emission vor sich geht, nötig. Nimmt man hierfür die wahrscheinliche Temperatur der Atmosphäre in der Höhe, in der im allgemeinen Nordlichter beobachtet werden, so kommt man auf den Wert 3,8 für das Atomgewicht. Dieser Wert liegt dem des Heliums am nächsten, doch ist zu bedenken, daß dieser Schluß auf sehr unsicheren Grundlagen ruht.

Die Originalarbeit von Babcock enthält eine Reihe von Reproduktionen der Interferenzaufnahmen, auf denen die Interferenzringe deutlich zu erkennen sind.

W. Grotrian.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaften

herausgegeben von
ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 48/49. (Seite 945—968.)

7. Dezember 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über Lichtwirkung auf den Menschen und die Tiere.

Von *W. Hausmann, Wien.* S. 945.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung. Historische Geologie. (Fortsetzung). Von *E. Wepfer, Freiburg i. Br.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 948.

Probleme der Kosmogonie. Von *H. Vogt, Heidelberg.* S. 957.

Über die Beobachtung der Lichtablenkung während der totalen Sonnenfinsternis am 21. September 1922. S. 962.

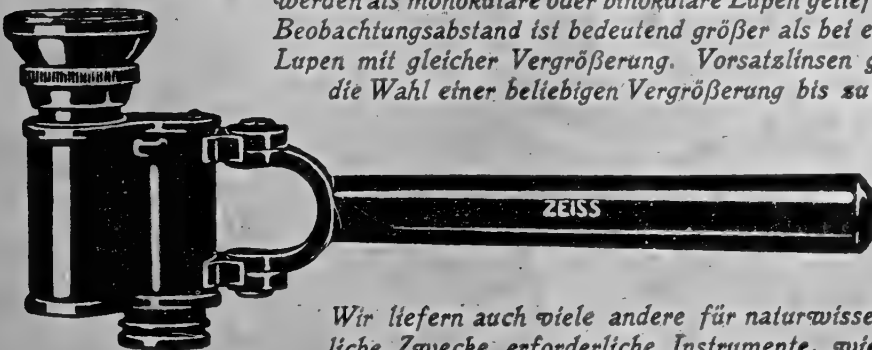
Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:

Elektronenrückstoß bei der Zerstreuung der Röntgenstrahlen und Lichtquantenhypothese. Von *W. Bothe, Berlin.* S. 965.

Zoologische Mitteilungen. S. 966—968.

Über die Verdauung von Hydra. Ein Zwergwels, der kommt, wenn man ihm pfeift. Kopftransplantation an Insekten. Über den physikalischen Zustand von Plasma und Zelle der *Opalina ranarum*.

ZEISS Fernrohr-Lupen



werden als monokulare oder binokulare Lupen geliefert. Der Beobachtungsabstand ist bedeutend größer als bei einfachen Lupen mit gleicher Vergrößerung. Vorsatzlinsen gestatten die Wahl einer beliebigen Vergrößerung bis zu 30 fach.

Wir liefern auch viele andere für naturwissenschaftliche Zwecke erforderliche Instrumente, wie Mikroskope, Einschlaglupen usw.

Druckschriften und
Auskunft durch:

CARL ZEISS, JENA

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Hefen und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark. Einzelnummer 0,80 Goldmark zuzüglich Porto.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konten

für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 20120 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118935 Julius Springer.

Hevelius Handbuch f. Freunde der Astronomie u. kosm. Physik. Herausg. von Prof. Dr. Plassmann. GZ. 12.—, geb. 15.—

Sternatlas Nach der 4. Aufl. v. Littrows Atlas des gestirnten Himmels vollst. Neubearb. v. Fr. Becker. Geb. GZ. 8.—

Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68. Postscheck 145.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie

Von Peter Pringsheim.

Zweite, verbesserte Auflage. Mit 33 Abbildungen. (VIII, 228 S.) 1923.

8,50 Goldmark / Fürs Ausland 2,05 Dollar.

Geschenkwerke für Weihnachten!

Technisches Denken und Schaffen. Eine gemeinverständliche Einführung in die Technik. Von Professor G. v. Hanffstengel, Dipl.-Ing., Charlottenburg. Dritte, durchgesehene Auflage. Mit 153 Textabbildungen. (XII, 212 S.) 1922. Gebunden 4 Goldmark / 1 Dollar.

Man sollte dieses Buch jungen Leuten in die Hand geben, die sich dem technischen Berufe widmen wollen, ferner den Frauen unserer Ingenieure, wie der Verfasser wünscht, „um ihnen ein tieferes Verständnis für die Arbeit der Männer“ zu ermöglichen, aber auch sonst allen, die zu der Technik im Leben in irgendwelcher Beziehung stehen.

J. P. Koch: Durch die weiße Wüste. Die dänische Forschungsreise quer durch Nordgrönland 1912—1913. Deutsche Ausgabe besorgt von Prof. Dr. Alfred Wegener, Teilnehmer der Forschungsreise. Mit 158 Textabbildungen und 2 Karten. (S. 248 S.) 1919. Gebunden 9 Goldmark / 2 Dollar.

Durch die Eiswüsten des höchsten Nordens führen die Schilderungen über Firne, weißen Schnee und durch Täler unendlichen Schweigens... Es ist ein Genuß, diese schöne deutsche Ausgabe zu sehen und zu lesen; es gibt wenige neuere Reiseschilderungen, die in gleicher Weise zu fesseln und zu belehren verstehen... Das Buch eignet sich in jeder Beziehung als vorzügliches Weihnachtsgeschenk.

Der Radio-Amateur. „Broadcasting“. Ein Lehr- und Hilfsbuch für die Radio-Amateure aller Länder. Von Dr. Eugen Nesper. Zweite, unveränderte, durch einen Nachtrag ergänzte Auflage. Mit 377 Abbildungen und 2 Kunstdruckblättern von L. Lutz Ehrenberger. Erscheint Anfang Dezember. Gebunden etwa 12 Goldmark / Für das Ausland etwa 3,50 Dollar.

Nachdem die erste Auflage nach wenigen Wochen vergriffen war, erscheint hiernit die zweite Auflage noch rechtzeitig für den Weihnachtstisch. Zum erstenmal wird in diesem Buche eine umfassende Darstellung der technischen Grundlagen des Radio-Amateurbetriebes geboten. In allen Volkskreisen, besonders auch unter der heranwachsenden Jugend, nimmt das Interesse für das Radio-Amateurwesen ständig zu.

Kritik der öffentlichen Meinung. Von Ferdinand Tönnies. (XII, 584 S.) 1922. 12 Goldmark; gebunden 15 Goldmark / 2,90 Dollar; gebunden 3,35 Dollar.

.... Das Buch von Tönnies als großzügig durchgeführter Versuch, die unendliche Mannigfaltigkeit sozialer Phänomene unter gewisse Oberbegriffe zu gruppieren, von hohem Wert, und auch die empirischen Abschnitte wird man als übersichtliche Zusammenstellungen und Lebenserfahrungen des „Vaters der deutschen Soziologie“ willkommen heißen. „Frankfurter Zeitung.“

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Über Lichtwirkung auf den Menschen und die Tiere.

Von W. Hausmann, Wien (Lupusheilstätte).

Ist von der Lichtwirkung auf Menschen und Tiere die Rede, so hat man den Eindruck, als müßte es ein leichtes sein, Angaben aller Art über die verschiedensten Formen der Lichteinflüsse zu machen und zu einem einheitlichen Überblick über dies Wissensgebiet zu gelangen. Untersucht man jedoch diese Fragen etwas näher, so kann man sehen, daß wohl eine recht große Zahl von Lichtwirkungen bekannt ist, daß wir trotzdem aber erst in den Lehrlingsjahren der Lichtbiologie und Lichtpathologie stehen.

Eines muß man sich bei diesen Überlegungen immer vor Augen halten: Das Licht ist für den Ablauf der Lebensfunktionen des Menschen und der Tiere nicht unbedingt nötig. Mit dieser Feststellung ist schon gesagt, daß alles, was wir von Lichtwirkung auf Mensch und Tiere anführen können, sich nur auf Lichtfunktionen bezieht, die sich zwar unter physiologischen oder pathologischen Bedingungen abspielen können, daß aber alle diese Funktionen mit dem Leben tierischer Organismen im Sinne von Sein oder Nichtsein nichts zu tun haben. Hierin ist ein tiefgreifender Unterschied zwischen tierischen und einem sehr großen Teile der pflanzlichen Lebewesen gegeben.

Und fragen wir uns nun weiter: Das Licht ist also, wie wir eben gehört haben, zum Leben nicht nötig. Welche Funktionen hat es dann überhaupt, die es so wichtig erscheinen lassen, wie man immer annimmt? Mit anderen Worten: Was kann es bewirken?

Da glaube ich folgendes sagen zu können. Man kann eine ganze Reihe von Lichtwirkungen anführen, wie dies gleich versucht werden soll, man ist aber, insofern es sich um physiologische Lichtwirkungen handelt, nicht recht in der Lage, zu einer einheitlichen und erschöpfenden Auffassung dieser Lichteinflüsse zu gelangen. Zumindest scheint mir dies bisher der Fall zu sein. Ich habe den Eindruck, als wäre dies unter pathologischen Bedingungen nicht so ausgesprochen. Da ist es eher möglich, das bisher Bekannte einheitlich zu beurteilen.

Mit diesen Einschränkungen sei nun nachstehendes über Lichtwirkung auf Mensch und Tier gesagt:

An allen biologischen Lichtwirkungen sind eine Reihe von Faktoren beteiligt, die das Zustandekommen und den Ablauf dieser Prozesse entscheidend beeinflussen.

Dies sind:

1. die Lichtquelle,

2. die Entfernung zwischen Lichtquelle und Objekt, sowie die Richtung der Lichtstrahlen,
3. der Einfluß des Mediums zwischen Lichtquelle und biologischem Objekt,
4. das Objekt selbst in seinem Verhalten zum Lichte,
5. die Umgebung des biologischen Objektes.

Im wesentlichen verlaufen die im ganzen zu überschenden biologischen Lichtreaktionen an einfachen Lebewesen in der Weise, daß zunächst ein Reiz gesetzt wird, der der Eigenart des betreffenden Lebewesens entsprechend von einer Reaktion beantwortet wird. Ist die Reizwirkung eine übermäßige, so tritt Schädigung ein. Schließlich kann der Tod des Lebewesens erfolgen.

Die Strahlenwirkung ist nicht an bestimmte Spektralgebiete gebunden, die strahlende Energie an sich ist das wirksame Prinzip.

Nach dem Grotthus-Draperschen Gesetz sind nur jene Strahlen photobiologisch wirksam, die absorbiert werden. Deshalb wirken kurzwellige, ultraviolette Strahlen, die von allen Geweben weitgehend verschluckt werden, ganz allgemein. Die Wirkung längerwelliger Strahlenbezirke tritt in der Regel durch die Wirkung lichtabsorbierender Pigmente in Erscheinung. Bei genügender Intensität sind aber auch längerwellige Strahlen an sich biologisch wirksam. In erhöhtem Maße gilt dies von den dunklen Wärmestrahlen um 1200 μ . Wir können annehmen, daß Spektralstrahlen im Bereiche von 160 μ bis zu einer Wellenlänge von etwa 2000 μ Reizwirkungen auf das Zellplasma entfalten können.

Das Bunsen-Roscoesche Gesetz, daß „innerhalb sehr weiter Grenzen gleichen Produkten aus Intensität und Insulationsdauer gleiche Schwärzungen auf Chlorsilberpapier von gleicher Intensität entsprechen“, tritt im wesentlichen auch bei photobiologischen Reaktionen in Erscheinung. Dies ist z. B. bei heliotropischen Reaktionen und bei der bakterientötenden Wirkung des Lichtes der Fall.

Zwischen dem Beginn der Belichtung und dem nach außen hin merklichen Eintritte der photobiologischen Reaktionen verstreicht in der Regel eine bestimmte Latenzzeit. Auch bei photochemischen Prozessen sind derartige Reaktionsverzögerungen häufig beobachtet worden. Es geht jedoch nicht an, diese „photochemische Induktion“ ohne weiteres mit den Latenzerscheinungen bei photobiologischen Prozessen in Parallele zu setzen.

Diese Latenzzeiten sind um so kürzer, je intensiver die Belichtung ist; ihr Auftreten ist nicht unbedingt an Lichteinwirkung bestimmter Wellenlängen gebunden. Immerhin sind größere Latenzzeiten häufiger bei Einwirkung Lichtes kürzerer als von längerer Wellenlänge zu beobachten. Ein bekanntes Beispiel ist die sofort eintretende Rötung der menschlichen Haut nach Bestrahlung mit Wärmestrahlen, während das photochemische, auf ultraviolette Strahlen zurückzuführende Erythem erst nach einiger Zeit in Erscheinung tritt.

Unter relativ einfachen Verhältnissen verlaufen in Gang gekommene Lichtreaktionen in der Regel nach der Art monomolekularer Reaktionen. Nachwirkung ist bei lichtbiologischen Reaktionen häufig zu beobachten, ihre Abgrenzung gegen die Latenzzeit meist recht schwierig.

Die Lichtwirkungen sind in direkte und indirekte einzuteilen. Eine direkte Lichtwirkung ist z. B. die Erregung der Netzhaut durch Licht, eine indirekte die Empfindung des Gesehenen im Hirne. Mit Ausnahme der Lichtreaktion der Körperoberfläche und der angrenzenden Gewebe, sowie des Auges sind alle tierbiologischen Lichtprozesse als indirekte zu bezeichnen.

Zu dieser Gruppe indirekter Lichtwirkungen im weitesten Sinne wären auch die Beobachtungen von Kestner zu rechnen. Dieser Forscher nimmt an, daß eine ganze Reihe von Lichtwirkungen durch die Einatmung von Körpern verursacht werden, die durch das Licht aus der Luft gebildet würden.

Nur wenige lichtbiologische Vorgänge können nicht auch durch anderweitige Reize chemischer oder physikalischer Natur verursacht werden. Das sind lichtspezifische Reaktionen *sensu strictiore* im Gegensatz zu vollkommen oder nahezu unspezifischen Lichtreaktionen.

Es wurde schon in den einleitenden Zeilen darauf hingewiesen, daß eine Lebensnotwendigkeit für Mensch und Tiere im Sinne von Sein oder Nichtsein nicht besteht. Dies gilt für ein oder mehrere Lebensalter der betreffenden Art. Bei dauerndem Lichtentzug durch zahlreiche Generationen hindurch tritt Lichtentwöhnung, Anpassung an die Dunkelheit derart ein, daß diese Organismen zum Leben im Lichte nicht mehr geeignet erscheinen (Augenverkümmern, Pigmentlosigkeit). Im Gegensatz hierzu ist Lichtgewöhnung vielfach beobachtet worden.

Man hat zahlreiche Untersuchungen über Lichtwirkung auf die Grundstoffe des tierischen Körpers angestellt. Inwiefern sich aus diesen Beobachtungen Schlüsse über den Einfluß des Lichtes auf Lebensvorgänge ziehen lassen, ist noch weiter zu untersuchen, doch ist anzunehmen, daß — abgesehen von kleinen Lebewesen — diese direkten Lichtbeeinflussungen der Grundstoffe nicht überschätzt werden sollten.

Eiweißlösungen werden durch kurzwelliges Licht koaguliert, durch langwellige Strahlen ohne Zusatz von Katalysatoren nicht merklich ver-

ändert. Kohlehydrate und Fette werden durch Licht beeinflusst, Blutfarbstoffe weitgehend destruiert.

Die Wirkung der Bestrahlung auf Fermente umfaßt den Lichteinfluß auf die Fermente selbst, ferner auf den fermentativen Prozeß. Die Lichtwirkung kann in Fermentzerstörung, Hemmung oder Förderung der Fermentwirkung bestehen.

Toxine, Antitoxine und ähnliche Körper können durch Belichtung unwirksam werden. Unter Umständen können diese Beeinflussungen auch im Organismus selbst erfolgen, ebenso sind Wirkungen des Lichtes auf die Abwehrmaßregeln der Tiere gegen Infektionskrankheiten, demnach Beeinflussungen von Immunitätsvorgängen bekannt geworden.

Eine große Bedeutung kommt den Substanzen zu, durch welche Lebewesen oder von Lebewesen produzierte Substanzen gegen Licht empfindlich gemacht werden.

In der Photochemie nennt man nach der Definition von J. M. Eder „chemische Sensibilisatoren“ solche Beschleuniger von Lichtreaktionen, die die Lichtempfindlichkeit eines lichtempfindlichen Stoffes während der Belichtung erhöhen, ohne selbst lichtempfindlich zu sein.

Von einer „Übertragungsphotokatalyse“ ist dann die Rede, wenn ein an und für sich, nicht oder wenig lichtempfindlicher Körper durch Zusatz einer lichtempfindlicheren Substanz sekundär durch Lichtwirkung verändert wird.

Wird aber die Erhöhung der Lichtempfindlichkeit durch Farbstoffe oder ähnliche Substanzen bedingt, die das Licht in jenen Spektralbezirken absorbieren, für die sie Lichtempfindlichkeit verleihen, so spricht man von *optischer Sensibilisation*.

Unter biologischen Bedingungen sind die von C. Neuberg entdeckten lichtkatalytischen Reaktionen der Schwermetalle, besonders der Eisensalze, sowie die „photodynamische Erscheinung“ von Bedeutung.

H. v. Tappeiner und seine Schule haben gezeigt, daß Lebewesen und von Lebewesen produzierte Zellen und Substanzen, wie Fermente, Toxine u. dgl. bei Gegenwart der sogenannten *photodynamischen Substanzen* im Lichte getötet resp. zerstört werden können. Es handelt sich um fluoreszierende Substanzen, die im Dunkeln ungiftig, im Lichte höchst giftig sind.

Durch solche Substanzen können im Lichte Warmblüter, Kaltblüter, wie niedrigste Lebensformen vernichtet werden. Diese Farbstoffe kommen in der Natur unter physiologischen, wie unter pathologischen Bedingungen vor. Die Mitwirkung derartiger „Lichtüberträger“ erscheint demnach auch unter natürlichen Bedingungen möglich. In der Regel spricht man in diesem Falle von *photobiologischer Sensibilisation*.

Abgesehen hiervon können lichtbiologische Prozesse, z. B. phototaktische Reaktionen, durch die verschiedensten Einwirkungen chemischer

oder physikalischer Natur verstärkt oder abgeändert werden (*Sensitivierung* nach J. Loeb).

Die Lichtwirkung auf *Wachstumsvorgänge* ist bei lichtgewöhnten, tierischen Organismen nicht allzu belangreich. Lichtentwöhnte Lebewesen können jedoch weitgehend beeinflußt werden, wie dies zum Beispiel die Augenentwicklung bei dem ins Licht versetzten Grottenolm zeigt (*P. Kammerer*¹⁾).

Der Zellteilungsprozeß kann unter Umständen durch Bestrahlung mit kurzwelligem, wie auch mit längerwelligem Lichte gefördert, bei höherer Intensität auch gehindert werden.

Unter pathologischen Bedingungen (*Rachitis*) kommt der Belichtung Einfluß auf die Knochenbildung zu.

Die Lichtwirkungen auf *Bewegungsvorgänge* tierischer und pflanzlicher Organismen sind seit langer Zeit bekannt. Diese Phototropismen sind mit den Lichtreaktionen der Tiere, die auf Änderung der Lichtintensität mit Bewegung oder mit Aufhören der Bewegung antworten, nicht identisch (*J. Loeb*).

Bei allen Lichtwirkungen auf höhere Tiere und den Menschen ist die Wirkung auf die Körperoberfläche von der Wirkung auf die inneren *Organsysteme* und *Organfunktionen* zu unterscheiden.

Die dunkeln Wärmestrahlen werden von den oberflächlichen Körperschichten in starkem Maße absorbiert, sie werden von der menschlichen Haut in weit geringerer Intensität vertragen als die „leuchtenden Wärmestrahlen“, als die Strahlen des sichtbaren Spektrums. Diese letzteren penetrieren bis zu erheblichen Tiefen und führen, abgesehen von photobiologischen, im wesentlichen durch Pigmente vermittelten Reaktionen, zu einer starken Erwärmung des Integumentes. Die kurzwelligeren Strahlen (ultraviolette Strahlen) haben geringfügiges Penetrationsvermögen und erhebliche Oberflächenwirkung.

Ultraviolette Strahlen bewirken die *Lichtentzündung der menschlichen Haut*, wie auch ganz allgemein die Entzündung tierischer Gewebe durch kurzwelliges Licht zustande kommt. Hierbei sind im wesentlichen Strahlenbezirke unterhalb der Wellenlänge von 360 $\mu\mu$ von Belang. Bei Bestrahlung mit isolierten Spektrallinien der Quarzquecksilberdampfampe fanden *Hausser* und *Vahle* besonders die Linien zwischen $\lambda = 313$ bis 280 $\mu\mu$ wirksam.

Die Beobachtungen über Lichtentzündung der Haut im Hochgebirge und an der See schienen durch diese Beobachtungen geklärt. Neuerdings haben die grundlegenden Untersuchungen *Cari Dornos* über die täglichen und jahrzeitlichen Schwankungen der einzelnen Spektralbezirke, insbesondere der kurzwelligen, ultravioletten Strahlung im Hochgebirge die Neuaufrollung dieser Fragen nötig gemacht.

Was die Lichteinwirkung auf verschiedene *Organe* und *Organfunktionen* betrifft, so muß die Lichtreaktion isolierter Organe nicht mit der Reaktion des Organes übereinstimmen, wenn der Körper im ganzen bestrahlt wurde.

Ein gewisser, keineswegs konstanter Einfluß der Lichtwirkung ist auf Blutbild und Hämoglobingehalt nachweislich, doch entspricht dies nicht annähernd der tiefgreifenden Veränderung durch Röntgenlicht. Die Blutbildänderung im Hochgebirge scheint nicht in direktem Zusammenhang mit der Belichtung zu stehen.

In einigen Beobachtungen am Menschen ist in den akuten Stadien des Lichterythems eine Erhöhung des Minutenvolumens des rechten Herzens beschrieben worden. Die Wirkung auf die Pulsfrequenz ist keine einheitliche; der Blutdruck wird herabgesetzt. Von einigen Autoren wird dies auf die eingeatmete Lampenluft bezogen.

Nach Abklingen des Lichterythems ist noch monatelang „Ausdehnung der Hautkapillaren“ bzw. verringerter Tonus der peripheren Gefäße zu beobachten. Ihre mechanische Reizbarkeit, z. B. Rötung der Haut nach Frottieren, ist erhöht. Hiermit hängt zum Teil die Hautfarbe der dem Lichte ausgesetzten Körperpartien zusammen. Auch die Lymphgefäße sind erweitert.

Nach Belichtungen, die zu einem Hauterythem führten, ist Herabsetzung der Atemfrequenz und Vertiefung der Atemzüge beschrieben worden. Andererseits ist mitgeteilt worden, daß während, ebenso wie nach intensiver Belichtung in Höhenorten Veränderungen in der Atemmechanik auftraten, die individuell und nach dem Ausmaße der Belichtung verschieden waren, ohne daß sich eine bestimmte Gesetzmäßigkeit erkennen ließ.

Der Gesamtstoffwechsel der Säugetiere wird durch Belichtung nicht beeinflußt, der respiratorische Stoffverbrauch und Quotient durch Bestrahlung nicht verändert. Beobachtungen über Umsatzsteigerung durch Belichtung sind auf indirekte Einflüsse (Sinneseindrücke, Muskel-tätigkeit) zurückzuführen. Im Gegensatz hierzu sind eine Reihe von Tatsachen über die Beeinflussung des intermediären Stoffwechsels bekannt geworden, wie z. B. des Kohlehydratstoffwechsels, des Kalkumsatzes u. a. m.

Das Licht ist imstande, *nervöse Elemente* auch ohne Vermittlung von Empfangsapparaten zu reizen. Es ist anzunehmen, daß nervöse Einflüsse bei allen Lichtreaktionen von Organen und Organsystemen eine wichtige Rolle spielen. Die Stimmung des Menschen wird durch Belichtung, insbesondere mit kurzwelligen Strahlen, gehoben („Immunität gegen deprimierende Eindrücke“). Allem Anscheine nach kann auch das sympathische Nervensystem durch intensive Belichtung beeinflußt werden.

Die *Temperatur* der Haut und der unmittelbar darunter liegenden Gewebsschichten wird durch starke Belichtung mit den sichtbaren

¹⁾ Vgl. diese Wochenschrift 1920, Nr. 2.

Strahlen des Spektrums sehr erheblich erhöht. Dunkle Wärmestrahlung wird, da schmerzauflösend, in viel geringerem Maße vertragen. Der „Sonnenstich“ ist wahrscheinlich auf übermäßige Bestrahlung mit sichtbaren Lichtstrahlen zurückzuführen.

Die Körpertemperatur der Tiere und des Menschen wird in der Regel durch Belichtung nicht wesentlich beeinflusst. Bei sensibilisierten Tieren (s. o. S. 531) tritt bei Belichtung Temperatursturz ein.

Isolierte Organe. Die Blutgerinnung wird herabgesetzt, rote Blutkörperchen bei genügender Bestrahlung zerstört; ebenso werden die weißen Blutkörperchen geschädigt.

Kurzwelliges Licht erregt glattemuskulige Organe. Sensibilisierte Organe (Froschherz, Froschmagen usw.) werden erst erregt, dann dauernd geschädigt.

Durch Belichtung kann *Pigmentbildung* angeregt werden. Unter Umständen wird die Farbe des gebildeten Pigments von der Umgebungsfarbe weitgehend beeinflusst.

Die Bildung des melanotischen Hautpigmentes erfolgt in denselben Spektralbezirken, durch die die Hautentzündung verursacht wird. Die Pigmentierung scheint nicht unbedingt an vorausgegangene Entzündung geknüpft zu sein.

Natürliche Pigmente können unter physiologischen und pathologischen Bedingungen die Funktion haben, Lebewesen gegen Licht empfindlich zu machen. Im Gegensatz zu dieser aktiven Pigmentwirkung haben andererseits natürliche Pigmente oft die Aufgabe, tierische und pflanzliche Lebewesen gegen Lichtstrahlen aller Wellenlängen zu schützen (*Pigmentschutz*).

Es gibt Krankheiten, die den Menschen und die Tiere nur dann befallen, wenn sie belichtet werden. Solche *Lichterkrankungen* können durch eine an sich krankmachende Belichtung, ferner durch Bestrahlung mit an sich unschädlichem

Lichte bei Individuen gesteigerter Lichtempfindlichkeit zustande kommen.

Gesteigerte Photosensibilität kann durch optische Sensibilisatoren verursacht werden. Diese Sensibilisatoren können von außen zugeführt (z. B. mit der Nahrung) oder im Organismus selbst gebildet werden. Abgesehen hiervon sind Lichtaffektionen mit unbekannter Ursache der Lichtempfindlichkeit beobachtet worden. Es ist anzunehmen, daß nähere Beziehungen zwischen Lichterkrankungen und den sogenannten Avitaminosen (z. B. Skorbut, Rachitis) bestehen.

Durch Licht werden Lebewesen unter gewissen Voraussetzungen getötet. Dieser *Lichttod* ist bei sensibilisierten, tierischen Lebewesen vom Menschen bis hinab zum Infusorium zu beobachten. Der Eintritt und die Möglichkeit des Lichttodes nicht vorbehandelter, tierischer Lebewesen wird von der Größe des betreffenden Organismus und von den Absorptionsverhältnissen der Körperoberfläche weitgehend beeinflusst.

Die Abtötung von Bakterien kann durch sämtliche Spektralbezirke erfolgen. Weitaus überwiegend ist die Wirkung der ultravioletten und auch der ultraroten Lichtstrahlen.

Die bakterizide Lichtwirkung ist an der Heilung tuberkulöser Prozesse beteiligt. Sie ist sicher nicht als Hauptfaktor dieser Heilwirkung anzusehen.

Die Ursache der therapeutischen Lichtwirkung ist überhaupt noch unklar. Wie so oft in der Medizin, so folgt auch hier die theoretische Erklärung dem empirisch Gefundenen in weiter Ferne.

Literatur.

- O. Bernhard, Sonnenlichtbehandlung in der Chirurgie. Stuttgart 1923.
L. Pincussen, Biologische Lichtwirkungen. Ihre physikalischen und chemischen Grundlagen. Ergebn. der Physiologie 1920, 19, 79 S. A.
W. Hausmann, Grundzüge der Lichtbiologie und Lichtpathologie. 8. Sonderband zu „Strahlentherapie“, Berlin-Wien 1923.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung.

Historische Geologie.

Von E. Wepfer, Freiburg i. B.

(Fortsetzung).

In großen Zügen sehen wir während des ganzen Paläozoikums im Norden von Europa ein Festland von etwas unsicher umrissenen Zügen bestehen, das sich nicht nur durch die Angliederung der carbonischen Faltenzüge vergrößert, sondern sowohl im Carbon als auch später wiederum im Perm beträchtliche Ablagerungsgebiete dieser beiden Formationen als Teile dieses Kontinents — nur vorübergehend überschwemmt — erkennen läßt. Die marinen Depressionsgebiete verschieben sich mehr und mehr nach Ostrußland und in die Mediterrangebiete. Das große paläozoische Ablagerungsgebiet im Norden, wo sich noch cam-

brische und silurische Meeresschichten, dann die z. T. terrestrischen Gesteine der Devon-, Carbon- und Permzeit bildeten, bleibt zwar z. T. immer noch als solches bestehen, aber auch künftig entstehen hier zunächst Ablagerungen, die deutlichst terrestrisch beeinflusst sind: in der *Triaszeit*.

Der große Schnitt, den das stratigraphische Schema zieht, indem es mit der Trias das *Mesozoikum* beginnen läßt, ist von verschiedenen Gesichtspunkten aus berechtigt: vom paläontologischen und vom rein stratigraphischen. Das große Ereignis aber, das den Gegensatz zwischen den gefalteten älteren Gesteinen und den erst in

den tertiären Kettengebirgen gefalteten, im übrigen aber meist mehr oder weniger horizontal oder schwach geneigt liegenden jüngeren Gesteinen von der Trias ab, geschaffen hat, liegt schon weiter zurück: es ist die carbonische Gebirgsbildung, deren Nachwehen bis weit in die Permzeit reichten. Mit der gleichfalls schon im unteren Perm, dem Rotliegenden, im Gang befindlichen Abtragung des carbonischen Gebirges beginnt andererseits jene Schichtserie, als deren normale und auch im allgemeinen Charakter durchaus ähnliche Fortsetzung die Trias angesehen werden muß, während, je nach den örtlichen Verschiedenheiten in den Phasen der Gebirgsbildung, unter Umständen bereits das kohlenführende Obercarbon als der Beginn des von jetzt ab herrschenden terrestrischen Ablagerungstypus erscheint. — Erst mit der Rhätüberflutung zwischen Keuper- und Juraformation tritt eine größere dauernde Meeresüberflutung in Mitteleuropa wieder auf.

In den permischen Ablagerungsgebieten, z. T. aber auch allmählich darüber hinausgreifend, lagerten sich mächtige, meist rot gefärbte Sandsteine, untergeordnet Konglomerate und tonige Gesteine in einer Gesamtdicke von 200 bis 500 m ab, die häufig in ihrer Struktur wieder jene *rasch wechselnde Aufschüttungsrichtung* verraten; die in Flugsanden, aber auch in Flußdeltabildungen vorkommt. Ferner sehen wir öfter die in seichtem Wasser, aber auch in Wüstensanden auftretenden *Wellenfurchen* und in tonigen Schichten *Austrocknungsrisse* und Fährten von Landdinosauriern („Chirotherium“). Diese und ähnliche Merkmale lassen es als sicher erscheinen, daß auch in diesem *Buntsandsteinareal* noch keine ständige Meeresbedeckung eingetreten war. Nur vorübergehende Überflutungen, durch Muschelhorizonte angedeutet, haben in Mitteldeutschland stattgehabt. Erst in den obersten Schichten des Buntsandsteins, dem „Röth“, macht sich schon die Überflutung der folgenden Muschelkalkzeit fühlbar, aber auch hier treten als Zeichen von Austrocknung stellenweise Gipse und Salze auf. Aus diesem Ablagerungsgebiet ragen einzelne „Inseln“ hervor, so in Böhmen, in den Sudeten, im französischen Zentralplateau usw., die z. T. im Laufe der Buntsandsteinzeit allmählich von den Ablagerungen zugeschüttet werden (z. B. der Schwarzwald).

An Fossilien sind besonders zu nennen: Landpflanzen (Koniferen, Equiseten, Farne) und besonders mächtige Stegocephalen (s. o.) von Krokodilsgröße.

Für manche Gegenden Deutschlands hat der Buntsandstein als Baustein (z. B. Straßburger, Freiburger Münster), sowie als Bildhauerstein eine hervorragende Bedeutung.

Mit dem *Muschelkalk* beginnt eine vermehrte Senkung des Ablagerungsgebietes bzw. hört die bisher übliche Sandzufuhr, deren Herkunft noch recht unklar ist, auf: kalkige, dolomitische und mergelige bis tonige Schichten in Mächtigkeit von 200–350 m entstehen, in denen eine individuen-

reiche, aber artenarme Meeresfauna darin steckt: eine bezeichnende *Binnenmeerfauna*; charakteristisch ist u. a. das Auftreten von Crinoiden (Seelilien), deren Stielglieder ganze Gesteinsbänke bilden. Vorübergehend — im mittleren Muschelkalk — entstanden wiederum durch Austrocknung des Meereswassers mächtige Salz- und Gipslager. Da und dort bestanden noch Inseln (Plateau central, Böhmen) und Unebenheiten, so daß sich die normale, kalkige Ausbildung nicht überall durchsetzt: schon in Lothringen z. B. ist der untere Muschelkalk noch sandig ausgebildet, im mittleren treten z. B. die bunten Farben des Buntsandsteins auf, und in England fehlt der Kalk überhaupt, so daß die sandige Facies aus dem Buntsandstein bis in den Keuper ganz durchreicht. In Luxemburg, nahe dem Ardennenrand, ist der Muschelkalk gar durch geflämmte Mergel bzw. durch Konglomerate vertreten, die die Nähe jenes alten Landes verraten.

Der *Keuper* ist charakterisiert durch vielfache bunte Mergel, Sandsteine und Tone, mit Einlagerungen von Gips, auch Salz, seltener kleinen Kohlenflözchen, die alle faciell rasch wechseln können; nur wenige Schichten halten auf größere Entfernung hin aus, so der sog. Grenzdolomit in der unteren Abteilung des Keupers, eine Ablagerung mit deutlichem marinem Einschlag, eine vorübergehende Meeresüberflutung andeutend. Alles übrige zeigt deutlichste Merkmale der Ablagerung auf dem Land, höchstens wechselnder, nicht dauernder Wasserbedeckung; gewisse Sandsteine scheinen nur in mächtigen Rinnen abgelagert, während sie wo anders fehlen. Mit diesen Merkmalen kontinentalen Charakters stimmt die Fossilführung überein: Landpflanzen, Landreptilien, Stegocephalen (bes. Schwaben) spielen eine wichtige Rolle.

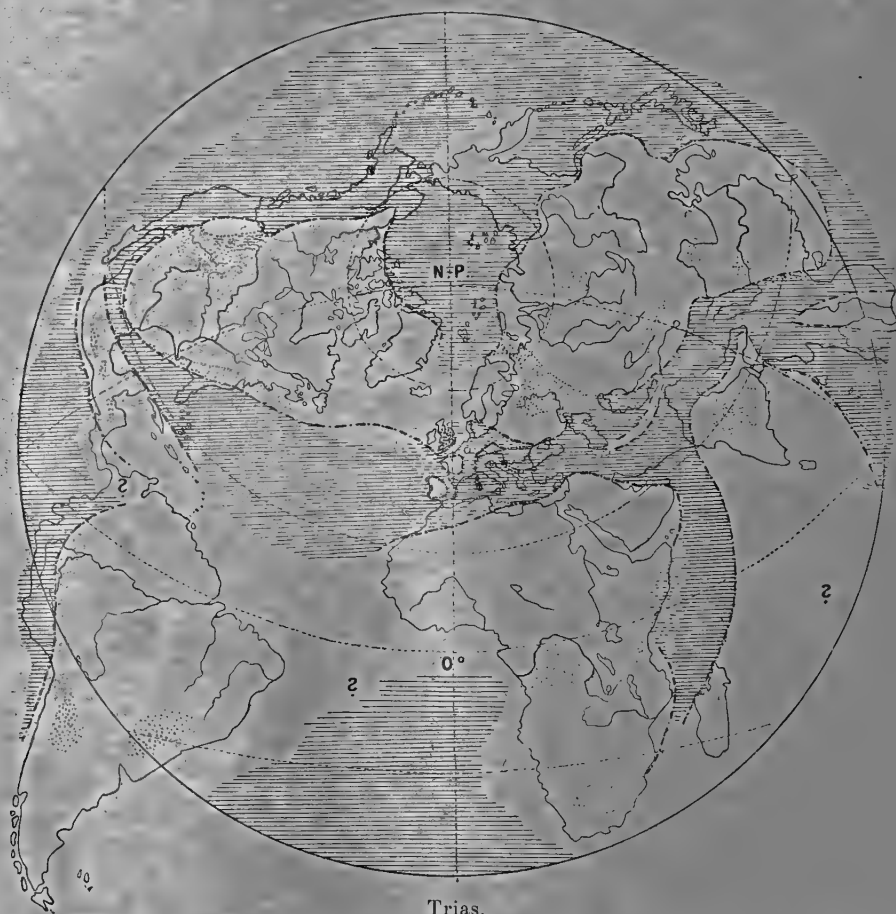
Wenn somit in Mitteleuropa bis in den Keuper hinein im großen ganzen ähnliche Ablagerungsverhältnisse herrschen, wie schon seit dem Carbon — eingeleitet offenbar durch den Beginn der karbonischen Gebirgsbildung —, so ist doch eine vermehrte Senkung des Ablagerungsgebietes festzustellen: in England greift der Keuper zum erstenmal wieder auf paläozoische und vorcambrische Gesteine über — ganz ähnlich transgrediert er am Zentralplateau. Diese Senkung nimmt ihren Fortgang, ohne daß die bisherige Sedimentationsart mit ihr standhielte: In breiten Streifen dringt — wohl von Süden her — das Meer zur „*Rhätzeit*“ — einem Zwischenglied von Keuper und Jura — ein und leitet die große Juraüberflutung ein. Mit dem Rhät kommt auch eine rein marine Fauna aus dem südlichen Meer her. In Südschweden legen sich seine Schichten auf das Silur, sie bedecken ferner die englischen Kohlenfelder, greifen auf Irland über, erstrecken sich bis nach Posen und von Süddeutschland aus über Lothringen nach der Provence und in die Westalpen.

Die bisher besprochene „*germanische*“ Aus-

bildung der Trias findet sich aber auch außerhalb Deutschlands: Buntsandstein greift bis in die Zentralalpen hinein, ist am Karpathenrand erbohrt, findet sich in England (s. o.) als „New red sandstone“, in Nordafrika zugleich mit germanischem Keuper, ferner in Rußland in ähnlicher Ausbildung in der Senke, welche bisher die Verbindung des alten „Mittelmeers“ jener Zeit mit dem arktischen Gebiet aufrecht erhalten hatte. Im atlantischen Nordamerika ist die untere Trias durch buntsandsteinähnliche Kohlenflöze und mächtige Eruptivgesteine führende Schichten repräsentiert mit ähnlichen Fossilien wie bei uns; und auch im Felsengebirge

Meer beeinflusst scheint, wenn wir auch über die Art dieser Verbindung nur Vermutungen äußern können. Auch die spanischen und verwandten Vorkommen (s. o.) zeigen die ganze Schwierigkeit der Abgrenzung des Verbreitungsgebietes unseres Binnenmeeres gegen das eigentliche offene Triasmeer.

Die Ablagerungen dieses „Thetys“meeres finden wir in einem Gebiet, das schon bisher durch stärkere Ausbreitung mariner Schichten gekennzeichnet ist: in der weiteren Umgebung des Mediterrangebietes. Man spricht von einer *mediterranen Triasprovinz* Europas, deren Fortsetzung freilich weit nach Osten reicht.



Trias.

ist echter Buntsandstein bekannt, ferner ähnliche Ablagerungen in Südamerika und Südafrika, wo die oberen Glieder der Karrooformation offenbar dieses Alter haben und Reste interessanter *Reptilien* mit einem auffallend differenzierten Gebiß geliefert haben; ähnliches ist auch aus Indien bekannt. — Der Muschelkalk reicht nur wenig über deutsches Gebiet hinaus: bei Toulon z. B., dann in Spanien, aus Sardinien und der Dobrudscha ist germanischer Muschelkalk bekannt, auch finden sich auffällige Anklänge an ihn in Oberitalien, während andererseits der oberschlesische Muschelkalk, nach seiner Fauna zu urteilen, von dem im Süden befindlichen großen

Diese marine Trias ist zunächst in den Alpen, besonders den Ostalpen, verbreitet. Auch hier herrscht, wenn auch mit anderen Beziehungen, ein äußerst lebhafter faciemer Wechsel in Gestein und Fauna, so daß eine Parallelisierung und genaue Gliederung dieses Schichtkomplexes schon innerhalb seines eigenen Verbreitungsgebietes Schwierigkeiten bereitet — um so mehr vollends ein Vergleich mit den so viel fossilärmeren, rein terrestrischen Ablagerungen z. B. des germanischen Keupers. Nur einzelne Gipsvorkommen auch in der alpinen Trias geben hier einen Anhaltspunkt — während Anklänge an germanischen Buntsandstein und Muschelkalk hin und wieder

vorhanden sind. — Zur Buntsandsteinzeit lagern sich im mediterranen Gebiet gleichfalls sandige, z. T. muschelführende Schichten ab, in denen auch Salz und Gips ähnliche Bedingungen der Gesteinsbildung verraten, wie in der germanischen Triasprovinz. Von der Muschelkalkzeit ab hingegen herrscht nun eine selbständige, rein marine Facies: über 1000 m mächtige Kalk- und Dolomitriffe, Kalke mit z. T. ganz erstaunlichem Fossilreichtum, ab und zu unterbrochen von mächtigen, wohl untermeerischen Vulkanergüssen. — In diesen Kalklagen treten zum erstenmal *echte Ammoniten in großen Mengen*, das sind schneckenförmig, meist in der Ebene aufgerollte Cephalopoden, deren Kammerscheidewände — zum Unterschied gegenüber dem Nautilus — überaus stark gefaltet sind, auf. — Die mächtigen Dolomitberge z. B. in Südtirol bestehen aus Gesteinen dieses Alters. Das Rhät schließt auch hier, vorzüglich ausgebildet als marine Ablagerung, diese Serie ab, zum Jura überführend.

Diese mediterrane Facies finden wir wieder in Italien, Sizilien, z. T. Sardinien und Spanien, in den Karpathen, auf der Balkanhalbinsel, in Kleinasien bis in die Kirgisensteppen hinein. In Podolien grenzt jenes Meer im Norden an den Granitstrand des Festlandes, im Süden an das afrikanische Festland. Weiter erstreckt es sich im Osten in den Kaukasus, über Armenien, Persien nach Zentralasien, in die Salt-Range, den Himalaya bis nach Niederländisch-Indien und ferner nach China. In der Salt-Range sehen wir eine der wenigen Stellen, an welchen selbst der Buntsandstein in rein mariner Ammonitenreicher Facies ausgebildet ist.

An der ganzen Pazifikumrandung herrscht gleichfalls rein marine Ausbildung der Trias: d. h. vom uralten, schon damals bestehenden Becken des Großen Ozeans erstreckt sich das Meer über seine jetzigen Grenzen hinaus nach Neuseeland, Australien, Japan, ferner Alaska, Britisch-Columbien, Kalifornien, nach Südamerika hinein und erreichte im hohen Norden Ostsibirien, Spitzbergen und die Bäreninsel, d. h. es bestand eine Verbindung mit dem arktischen Meer.

Im ganzen sehen wir, wie das Meer gegen Ende der Triaszeit eine weitere Ausbreitung gewinnt.

Die *Flora* der Trias setzt sich besonders aus Cycadeen, Coniferen, Equiseten und einigen Farnen zusammen. Die *Fauna* ist charakterisiert durch das Verschwinden der paläozoischen 4-strahligen Korallen zugunsten der sechsstrahligen. Unter den Stachelhäutern herrschen die Crinoiden; Brachiopoden, die noch einen ausgesprochen paläozoischen Anstrich haben, treten zurück gegenüber den reichlicheren Muscheln. Ammoniten spielen eine bedeutende Rolle. Von Fischen treffen wir Selachier, Ganoiden und mit Lungen und Kiemen versehene Dipnoer. Unter den Amphibien herrschen die Stegocephalen mit stark gefaltetem Zahnschmelz: die „Labyrinthodonten“ — unter den Reptilien neben den sog. „Theromorphen“ — besonders der

Karrooformation (s. o.), aber auch in Schottland die Crocodilier und die Dinosaurier, welche letztere nicht nur Skelette, sondern auch Fußspuren („Chirotherium“) hinterlassen haben. Endlich ist das Auftreten der ersten Säugetiere, der „Multituberculaten“, die Beziehungen zu den Beuteltieren und den heutigen Monotremen vereinigen, zu erwähnen.

Im Verhältnis zur Triaszeit macht sich in der Juraformation in Europa eine deutlich rückläufige Bewegung bemerkbar: d. h. im Grunde genommen hält die Senkung, welche die Voraussetzung für die Bildung *auch terrestrischer* mächtiger Sedimentserien ist, nicht nur an, sondern sie verstärkt sich so, daß das *Mediterran Areal* gewinnt und das Festland in eine Art Archipel zerfällt, in welchem die alten Gbingsfragmente durchtreten. Über 1000 m mächtig lagern sich besonders kalkige und merckliche Gesteine ab, *und konglomeratische* hingegen in viel geringerem Umfang als in der Trias. In Europa fehlt Vulkanismus fast ganz, einzelne Gebirgsbewegungen hingegen lassen sich z. B. in Nordwestdeutschland beobachten. Im übrigen ist die Lagerung ähnlich einfach und ungestört, wie diejenige triadischer Schichten — mit Ausnahme natürlich der im Tertiär entstandenen Kettengebirgsglieder. Der Name ist dem Schweizer Jura gebirge entnommen. Zahlreiche, z. T. ausgezeichnet erhaltene Fossilien von geringer vertikaler Verbreitung ermöglichen eine weitgehende Gliederung der Juraformation in zahlreiche Zonen, die z. T. über weiteste Strecken der Erde sich verfolgen lassen. Die Transgression des Meeres erreicht ihren Höhepunkt erst im mittleren Jura, dem *Dogger* — während die Ablagerungen des unteren, des *Lias*, bei weitem nicht so verbreitet sind —, und behält ihre Verbreitung im oberen, dem *Malm*, großenteils bei, um dann in zahlreichen Gebieten von einer erneuten Regression abgelöst zu werden.

Über Deutschland und England hin sehen wir ein ziemlich einheitliches Ablagerungsgebiet entstehen: im letzteren Land sind die westlichen Grenzen jenes Meeres noch nicht genau festzustellen, nur in Yorkshire und ähnlich in Oxfordshire erkennt man im Dogger die Nähe des Festlandes, da dort, im Gegensatz zu der sonst marinen Facies, Schichten mit Strandcharakter, Farne, Cycadeen und Flußmuscheln bzw. Säugetiere (Multituberculaten s. Trias!), Insekten enthaltend, auftreten. Zu Ende der Jurazeit bilden sich im oberen Malm des südlichen England wiederum brackische und Süßwasserschichten, zur folgenden Kreideformation hinüberleitend; in Yorkshire hingegen bilden rein marine Schichten den Übergang zur Kreide. — Offenbar reichte jenes Ablagerungsgebiet über die Nordsee hinüber: in Schonen sind pflanzenführende Schichten bekannt, die wieder die Nähe des Strandes andeuten. Jenseits des Kanals breiten sich marine Juraschichten als Untergrund des Pariser Tertiärbeckens aus, und Strandbildungen er-

kennen wir wieder zur Liaszeit am Zentralplateau. Desgleichen bildet Jura wohl den Untergrund der Rheinniederung, wogegen ein südlicher Strand wohl am Teutoburgerwald und Harz erkennbar ist: im obersten Malm tritt hier dieselbe Brack- und Süßwasserformation wie im südlichen England auf. — Nach Osten breitet sich das Meer im Lias bis Mecklenburg, erreicht aber Ostpreußen und Kurland erst zur Doggerzeit, breitet sich ferner nach Südosten über Oberschlesien, Mähren nach Russisch-Polen und Galizien aus, um vielleicht bis an Dnjepr und Donetz zu reichen. — Festland blieb das Rheinische Schiefergebirge, das erst zur Kreidezeit vom Meer erreicht wurde, ferner das böhmische Massiv. Am Ardennenrand finden sich in den pflanzenführenden Sandsteinen des unteren Lias in Lothringen und Luxemburg wieder Merkmale der Strandnähe, die sich gegenüber den Absätzen des übrigen Süddeutschland auch im ganzen Dogger Lothringens bemerkbar macht in der geringeren Tiefe des Meeres, in welchem zahlreiche Korallen auftreten. Gleichfalls in Lothringen und Luxemburg ist an der Grenze Lias/Dogger eine Ausbildung entwickelt, die reich an schichtigen Eisenerzen, der sog. *Minette*, ist, welche für die Eisenerzproduktion Deutschlands die bei weitem erste Rolle gespielt hat.

In Süddeutschland finden sich im Schwäbischen Jura (Alb) rein marine Schichten mit manchen Merkmalen wechselnder Wassertiefe, in ausgezeichneter Weise entwickelt und z. T. äußerst fossilreich. Hier besonders ist eine Gliederung in zahlreiche Zonen, die ursprünglich mit den griechischen Buchstaben α — ξ in allen 3 Unterstufen der Formation belegt worden sind — und die man z. T. in die fernsten Erdteile verfolgt hat. Ein östlicher Strand dieses Meeres lag bei Regensburg, an der böhmischen Masse. Die Fortsetzung des Meeres nach Südwesten spiegelt sich in den Gesteinen des schweizerisch-französischen Jurafaltenzuges wieder, wo übrigens wieder brackische Übergangsschichten zur Kreide von Neufchatel aus nach Süden ausgebildet sind. In Süddeutschland selbst fehlen diese Übergänge, und es scheint, als ob die obersten Schichten des Malm (bei Solnhofen) mit den in den lithographischen Schieferern eingeschlossenen Resten von Land- und Flugsauriern, Insekten, einer Vogelart (s. u.) u. a. den normalen Abschluß einer Sedimentationsperiode bedeuteten, dessen letzte Phase zwar noch im Meereswasser vor sich ging (Ammoniten), aber die Nähe des da und dort schon aufgetauchten Landes in jenen Festlandsbewohnern verrät.

Die Art des Zusammenhangs zwischen süddeutschem und norddeutschem Jurameer ist noch nicht völlig geklärt.

Die ausgezeichnete Zonengliederung im Jura beruht auf einem gar oft unvermittelt sich geltend machenden Wechsel des Gesteins und einem damit Hand in Hand gehenden meist ebenso un-

vermittelten Auftreten neuartiger Fossilien, die — trotz ihrer oft großen Ähnlichkeit mit solchen nächst älterer Zonen — dennoch die eigentlichen allmählichen Übergänge vermissen lassen, eine Tatsache, die neuerdings von Manchen als Stütze für sprunghafte „Mutation“ ausgebeutet wird. Da der sprunghafte Charakter sich aber zugleich im Gestein äußert, das heißt nicht nur paläontologischen, sondern auch stratigraphischen Charakter hat, so könnte das Bild auch als der Ausdruck wechselnder Sedimentationsepisoden gedeutet werden, so daß unter Umständen nur „mit Auswahl“ fossilisiert wurde.

Im Gebiet des Mittelmeers und der Alpen herrschten — im Anschluß an den zur Triaszeit bestehenden deutlicheren Gegensatz — offenbar etwas andere Ablagerungsbedingungen. Im Dogger zeigen sich Merkmale einer gewissen Regression, während im Malm das Meer weit ausgebreitet ist, und es bis in die Kreide hinein bleibt. Auch in Gesteinsausbildung und Fossilführung zeigen sich gewisse Unterschiede gegenüber dem nördlicheren Jura.

Zwischen Zentralplateau und der spanischen Meseta, ferner um das letztere Gebirgsstück herum breitete sich Meer als Verbindung zwischen Atlantischem und Mittelmeer: pflanzen- und konglomeratreiche Schichten, z. B. in Portugal, bezeugen die Nähe von Land. In Nordafrika ergriff das Meer von den terrestrischen Sedimentationsgebieten der Trias Besitz; seine Ablagerungen liegen auf den Balearen, in Italien, reichen im Rhonetal nach Norden hinauf und verbinden sich um das Zentralplateau herum mit denjenigen des Pariser Beckens. — Bezeichnend ist hier überall die ausgesprochen marine Ausbildung des obersten Malms als sog. „Tithon“; mit diesem Typus erscheint jenes jurassische Mittelmeer wieder in der Balkanhalbinsel, in den Karpathen, der Krim, in Kleinasien, im Kaukasus und führt zum Ablagerungsgebiet von Indien und bis in den Sundaarchipel; eine Insel ist wohl im Balkangebiet die Region des Rhodopegebirges. — Auch im Gebiet der Westalpen haben offenbar Inseln bestanden, ebenso wie das böhmische Massiv, und einzelne Gebiete Südtaliens die Landnähe gewisser Ablagerungen, z. T. deutliche Transgressionerscheinungen verraten: so Konglomerate, pflanzenführende Schichten, selbst liasische Kohlen. — Im fernen Osten brandet das Meer offenbar an einem australischen Festland, über dessen West- und Südküste es ein Stück weit vordrang; pflanzenführende Schichten kennt man in Neuseeland. Der „indische Ozean“ jener Zeit überflutete den afrikanischen Kontinent bis über das Somaliland und nach Abessinien hinein, und im einstigen Deutschostafrika transgrediert mittlerer und oberer Jura, während auf Madagaskar bereits mariner Lias mit Pflanzenresten liegt.

In Rußland fehlt, wie erwähnt, Lias und der untere Teil des Doggers fast durchweg; zur Lias-

zeit erstreckte sich ein Festland von Europa aus weit nach Osten. Seine Flora kennen wir aus den Küstenablagerungen von Schonen (Cycadeen, Coniferen), vom nördlichen Alpenrand gegenüber dem böhmischen Massiv („Grestener Schichten“), im Donetzgebiet, der Krim, dem Kaukasus, ja vom Ural, im Tianshan bis nach Ostsibirien und Nordchina. — Erst im Dogger macht sich die Transgression des Meeres stärker bemerkbar: von Westen, aber auch vom Mittelmeer her drang es vor und bedeckte bald ein riesiges Areal zwischen dem Kaukasus und Skandinavien und das östlich von Skandinavien liegende Gebiet bis in die arktischen Regionen hinein: „Fennoskandia“ wurde so als selbständiges Gebiet vom asiatischen Festland abgetrennt. Dieses Meer erhielt sich bis in die Kreidezeit hinein; seine Fauna stimmt mit der mediterranen überein, nur gegen Ende der Jurazeit, da im Westen Trockenlegung eintrat (s. o.), prägte sich eine gewisse Selbständigkeit des russischen Jura auch in einer besonderen, bezeichnenden Ammoniten- (Virgatites) und Zweischaler- (Aucella) Fauna aus. Mit diesem besonderen Gepräge findet sich russischer Malm auf Spitzbergen, im nordwestlichen Sibirien und breitet sich längs den Küsten des Pazifik vom hohen Norden in Asien und Amerika aus, ebenso aber auch im Atlantischen Ozean, wo sich entsprechende Ablagerungen auf den Lofoten, im östlichen Grönland, ja sogar jene russischen Arten in Yorkshire in England wiederfinden, so daß damals ein Zusammenhang zwischen Nordamerika und Nordeuropa kaum bestanden haben konnte.

In Nordamerika weicht der in den Aleuten, in Alaska, Kalifornien, ja Mexiko, Peru, Bolivien, Chile und Argentinien verbreitete Jura mit „russischen“ Fossilien doch insofern von der russischen Facies ab, als hier vielfach bereits Lias (Alaska, Californien, Nevada) entwickelt ist, und auch sonst faunistisch vielfach Übereinstimmung mit mitteleuropäischem Jura zu beobachten ist. Der südamerikanische Jura ist weiterhin charakterisiert durch mächtige Konglomerate, die fast ganz aus Porphyrgeröllen bestehen, und ferner vulkanische Tuffe, wie denn überhaupt die ganze pazifische Juraausbildung auffallend viele *Eruptivgesteine*, darunter auch Tiefengesteine zeigt, während solche im Mediterrangebiet Europas nur vereinzelt auftreten. Der östliche Teil von Südamerika war Festland. Das entsprechende nordamerikanische Festland, auf dem oder an dessen Rand sich die berühmten kontinentalen, sandigmergeligen Ablagerungen von Dakota, Colorado, Wyoming mit den wohl riesenhaftesten aller Reptilien (Atlantosaurus usw.) gebildet haben, war vom südamerikanischen offenbar durch die vom Atlantischen zum Stillen Ozean reichende Meeresverbindung getrennt.

Die Flora der Jurazeit besteht besonders aus Cycadeen, Coniferen, ferner Ginkgo-Verwandten und Equiseten. Aus der Fauna mag noch hervorgehoben werden,

daß die Schwämme (Spongien) besonders im europäischen Jura oft gesteinsbildend auftreten; auch Korallen, Seeigel, Crinoiden finden sich, oft mit jenen zusammen. Die Brachiopoden werden immer weniger, Muscheln und Schnecken spielen hingegen eine ziemlich wichtige Rolle. Im unteren Lias treten die ersten echten Austernbänke (*Gryphaea arcuata*) auf. Unter den Cephalopoden sind besonders die Ammoniten als ausgezeichnete Leitfossilien hervorzuheben, ferner die zu der Verwandtschaft der Tintenfische gehörigen fingerförmigen Belemniten. — Krebse und Insekten führt besonders der lithographische Kalkschiefer von Solnhofen. Von Fischen sind Selachier, Ganoiden und Knochenfische bekannt. Unter den überaus kräftig entwickelten Reptilien finden sich einerseits riesige Landbewohner in Nordamerika, andererseits völlig an das Leben im Wasser angepaßte Formen: so *Ichthyosaurus* (der „Fischsaurier“ mit durchaus fischartiger Gestalt, die Extremitäten sind zu Paddeln umgewandelt), von denen man besonders im berühmten „Posidonienschiefer“ des schwäbischen Lias Exemplare mit den Umrissen der Haut kennt. — Ferner die langhalsigen Plesiosaurier. Wiederum besonders in den Solnhofener Schiefer kommen die an das Fliegen angepaßten Pterosaurier (Flugsaurier) vor, bei denen der kleine Finger zur Anheftung der Flughaut abnorm verlängert ist. Ganz besonderes Interesse verdient dann auch das Auftreten des ältesten bis jetzt bekannten Vogels *Archaeopteryx* in denselben Schichten: zwei Exemplare, das eine in Berlin, das andere in London aufbewahrt, sind bis jetzt gefunden; wenn auch noch manche Anklänge an den Reptilstamm vorhanden sind, so unter anderem in der Bezeichnung des Kiefers, so handelt es sich doch schon um einen echten gefiederten Vogel. — Von Säugetieren treten den triadischen Formen ähnliche (Multituberculaten) auf.

Die Kreideformation hat ihren Namen von den in ihrer oberen Abteilung recht häufigen weißen lockeren Kreideablagerungen. — In ihrer Verbreitung schließt sich die untere Kreide recht nahe an den Jura an, wenn auch mancherorts Anzeichen einer deutlichen Transgression vorhanden sind; in diesen Fällen ist die Grenze Jura/Kreide recht deutlich. Andererseits kann aber auch der Übergang zwischen diesen zwei Formationen sich in mariner Facies unmerklich vollziehen. Während der oberen Kreide breitet sich das Meer über ganz besonders weite Länderstrecken aus: es spielt sich eine der größten Transgressionen der Erdgeschichte ab, infolge deren die obere Kreide vielfach auf viel älteren Gesteinen (Carbon, Archaicum) auflagert. Aus dieser Tatsache ergibt sich eine natürliche Zerteilung der Formation.

Im nordwestlichen Europa dauert die Regression, welche gegen Ende der Jurazeit (s. o.) einsetzt, zunächst fort: einzelne bestehende Inseln schließen sich wohl zu größeren Landflächen zusammen, deren Existenz sich von der Pyrenäenhalbinsel durch Frankreich, Südengland, Mitteldeutschland bis nach Polen bemerkbar macht, und auf denen in einzelnen Tiefgebieten „epikontinentale“ Süß- und Brackwassersedimente entstehen, die man mit einem englischen Namen als *Wetlands* bezeichnet. Solche Gesteine finden sich

südlich von London, bei Boulogne s. m., ferner in Belgien und in Norddeutschland in einem langen Zug von Braunschweig nach Westen (z. T. sogar auf Dogger transgredierend), und ähnlich in Nordspanien und Portugal: es sind besonders tonige und sandige Schichten, z. T. geschätzte Bausandsteine, mit einzelnen abbaubaren Kohlenlagern. Von Pflanzen finden sich besonders Cycadeen, Farne, Koniferen, von Tieren neben kleinen massenhaften Schalenkrebsen, Süß- und Brackwassermollusken: besonders riesige Dinosaurier.

den in Nordwestdeutschland stellenweise eine Hebung des Untergrundes bis zur Abtragung jurassischer Schichten und dann zur diskordanten Auflagerung jener Gesteinsfolge auf Dogger (s. o.) führte, so läßt sich nochmals vor Beginn des *Gault* (= obere Abteilung der Unterkreide) eine Hebungsphase erkennen, bis dann die allgemeine Senkungstendenz die Überhand gewinnt in der großen Transgression der oberen Kreide. — Die Ablagerungen der marinen unteren Kreide, mit zahlreichen Fossilien und in viele Unterabteilungen von weithin reichender Geltung



Kreide.

Bei St. Bernissart in Belgien wurden zahlreiche, fast vollständige Skelette der Gattung *Iguanodon* gefunden, eines bis 18 m langen, aufrechtgehenden, pflanzenfressenden Reptils mit einem an die Vögel erinnernden Beckenbau, ungeheuer kräftigen Hinterbeinen, ebenso kräftigem langem, muskulösem Schwanz, der ähnlich wie beim Känguruh wohl als dritte Stütze des Tieres fungierte, blattförmigen Zähnen und einem besonderen Unterkieferknochen, dem „Prädentale“; der Kopf steht senkrecht zum Hals.

Noch im *Neokom* (= untere Abteilung der Unterkreide) werden die Wealdengebiete vom Meer überflutet, das zugleich offenbar von Norden her, wo in Yorkshire eine ununterbrochene marine Gesteinsserie (s. Jura!) vom Jura zur Kreide hinüberführt, eine charakteristische Fauna mitbringt. — Wie bereits vor dem Weal-

gliederbar, erstrecken sich durch Norddeutschland, England, Frankreich, das Juragebirge z. T. und große Teile Rußlands in ziemlich übereinstimmender Ausbildung, wobei allmählich eine immer weitere Ausbreitung und gleichförmigere Entwicklung zu beobachten ist.

Im südlichen Europa und im Mittelmeergebiet geht seit der Jurazeit die marine Ablagerung ruhig weiter: ihre Spuren finden wir in den Alpen, Karpathen, Südfrankreich, Italien, Spanien usw. Der Unterschied gegenüber der mitteleuropäischen Ausbildung ist offenbar ein klimatischer: dickschalige, aufwachsende Muscheln mit hornförmig ausgezogener Schale von erheblicher Größe (*Caprina*, *Requiemia*), Riffkorallen, Schnecken mit schwerem klobigem Gehäuse und

reicher Verzierung (Strombus) u. a., kreidige Kalke von riff- bis stockförmigem Charakter — die Facies des sog. *Urgon* (Orgon in Südfrankreich) — verraten das warme, seichte Meer. Entsprechende Gesteine bilden den „Schrattenskalk“ der Westalpen und finden sich fast überall in weiterer Umgebung des Mittelmeers. Weiterhin ist bezeichnend das Vorherrschen gewisser Ammonitengattungen und von Belemniten, die im Querschnitt nicht rund, sondern abgeflacht sind (Duvalia). — Diese ausgeprägte faunistische Facies dringt aber nicht nach Norden vor, trotzdem freie Meeresverbindung in Frankreich wohl vorhanden war. Wir finden also trotz der noch recht abweichenden Gestaltung der Meeres- und Festlandsumrisse schon damals deutliche Anklänge an die heutigen klimatischen Gürtel. — Auch hier machen sich vor Ablagerung des Gault gewisse Küstenverschiebungen und sonstige Unregelmäßigkeiten — einzelne Inseln (Südapennin), wie schon im Jura — bemerkbar, so daß diese letztere Abteilung oft mit klastischen, sandigen Bildungen beginnt, ja in den Ostalpen scheinen geradezu Gebirgsbildungen vor sich gegangen zu sein: Seine Ablagerungen reichen bis zur Krim im Osten und nach Algier und Tunis im Süden, wo der Gault besonders mächtig ist.

Zur Unterkreide gehören vielleicht gewisse Teile des „Wiener-“ und „Karpäthensandsteins“. Eine besondere Facies bildet ferner der „Nubische Sandstein“ in der libyschen Wüste mit vielen verkieselten Stammresten, die allerdings vielleicht auch in die obere Kreide gehört.

Östlich vom skandinavisch-finnischen Festland, welches seinerseits das englisch-deutsche Meer im Norden begrenzt, verläuft noch, wie im Jura, ein breiter, flacher Meeresarm zum arktischen Ozean, der bis ins Wolgagebiet reicht. Bald jedoch verschwindet diese Verbindung, wodurch offenbar die größere Übereinstimmung der zentralrussischen mit der europäischen Kreide bedingt wird.

Die mediterrane Kreide der Krim ihrerseits findet sich wieder im Kaukasus, östlich des Kaspischen Meeres, in Kleinasien, Iran, der Salt Range, im Himalaya, den Molukken, in Neuguinea und im östlichen Australien; ferner reicht sie in breiter Zone vom Osten her nach Afrika, Somaliland, früheres Deutschostafrika, Kapkolonie („Uitenhage“-Formation mit vielen Dreiecksmuscheln: Trigonina), Madagaskar.

Im *Umkreis des nördlichen Eismees* finden sich die durch die Muschel *Aucella*, die in den Grenzschiechten Jura/Kreide in Rußland eine besondere Verbreitung hat, bezeichneten Schichten: so in Sibirien, auf Spitzbergen, in Ostgrönland, ja in Yorkshire (s. o.) sowie in der nördlichen pazifischen Region: in Alaska, Kalifornien bis in die Kordilleren hinein, ja sogar in Mexiko, allerdings auch mit anderen Typen zusammen, wie wir sie aus Europa kennen (s. Jura!).

In Amerika prägt sich im übrigen, genau wie

in Europa, ein klimatischer Unterschied zwischen Nord und Süd aus: im Süden (Jamaika, Mexiko, Texas, Südkalifornien und dem ganzen westlichen Teil von Südamerika) finden sich mediterrane Formen. In Maryland und Virginien ist als ein zeitliches Äquivalent des Wealden die „*Potomacformation*“ anzusprechen: eine sandige Deltaablagerung mit zahlreichen fossilen Hölzern und sonstigen Pflanzenresten: Equiseten, Farnen, Cycadeen, Koniferen und vor allem den *ältesten bekannten Laubhölzern*. Bemerkenswert ist, daß diese kontinentale Ausbildung im selben Gebiet auftritt wie die kontinentalen, dinosaurierreichen Juraschichten. — Auch der Hauptteil von Südamerika ist damals schon ein Kontinent, nur auf seiner atlantischen Abdachung finden sich wiederum wealdenartige Ablagerungen.

Die mächtige Transgression der *oberen Kreide* macht sich sofort in deren unterster Abteilung, dem *Cenoman*, bemerkbar; charakteristisch ist darin das Auftreten eines Eisensilikates von grüner Farbe mit Kaliegehalt, in kleinen Körnern, des *Glaukonits*, in sandigen, z. T. auch kalkigen, „*Pläner*“ genannten Ablagerungen. In Nordwest- und Mitteleuropa folgen darauf graue Mergel und schließlich die bekannte Schreibkreide (z. B. Rügen), ein lockerer, recht reiner Kalk, bestehend aus Foraminiferenschälchen (besonders Globigerina, Textularia) und sonstigen organischen und anorganischen Kalkkörperchen, in der sehr häufig Feuersteine vorkommen, d. h. Kiesel, dessen Herkunft wohl auf die zahlreichen Kiesel Schwämme der Oberkreide zurückzuführen ist; Seeigel und Belemniten sind darin sehr häufige Fossilien. — Weit über das Verbreitungsgebiet der unteren Kreide hinaus greifen die Bildungen der oberen Kreide: das Meer bedeckt Irland auf der einen, Nordfrankreich, Belgien, Westfalen, ja ganz Norddeutschland, das Ostseegebiet samt dem südlichen Skandinavien, Mittel- und Südrußland auf der anderen Seite und reicht bis nach Zentralasien. Die alte Erhebungszone: Rheinisches Schiefergebirge, Böhmisches Massiv usw., wurde z. T. schon im Gault, z. T. im Cenoman, z. T. erst in der obersten der drei Abteilungen der oberen Kreide, dem *Senon* überflutet, so daß die Schreibkreide Südrußlands derjenigen Englands überraschend gleicht. Dennoch macht sich jene *mitteleuropäische Gebirgslinie* noch dadurch bemerkbar, daß in langem Zug von Westfalen über den Harzrand nach Sachsen und Nordböhmen eine klastische Facies der oberen Kreide an Stelle der Schreibkreide herrscht: es ist der *Quadersandstein*, dessen malerische Felsformen in der „sächsisch-böhmischen Schweiz“ bekannt sind. In diesem Gebiet beginnt das Cenoman, oft unmittelbar auf vorcambrische Gesteine übergreifend, mit Konglomeraten, und die Nähe von Festland verrät sich im häufigen Vorkommen von Laubhölzern (Magnolia- und Ficusverwandte); während in der mittleren Abteilung der Oberkreide, dem *Turon*, bezeichnende, flache marine Inoceramenmuscheln

vorkommen. — Außerhalb dieses Faciesgebietes finden sich besonders im Cenoman Ammoniten, die als Leitfossilien dieser Abteilung auf der ganzen Erde wiederkehren. Das Senon schließlich wird nach den darin vorkommenden Belemniten in Unterabteilungen gegliedert.

Ein Hauptverbreitungsgebiet der oberen Kreide befindet sich im Gebiet von Dänemark, der Ostsee und Schonen, wo auch eine vierte, nämlich die jüngste marine Ablagerung dieser Formation, das *Danien* bekannt ist, das übrigens auch in einzelnen Resten in Nordfrankreich vorkommt. — Wahrscheinlich erreichte die Ober-Kreide-Überflutung selbst die Reste eines so alten Hochgebietes, wie das Hohe Venn, wo lediglich der Verwitterungsrückstand der Schreibkreide, bestehend aus einem Haufwerk von Feuerstein in lehmiger Grundmasse, vorhanden ist, während der kohlensaure Kalk der Kreide gelöst und weggeführt ist.

Etwas weniger als in der unteren, aber doch erkennbar ist auch in der oberen Kreide der Unterschied zwischen Nord und Süd ausgeprägt: bezeichnend für das *Mediterrangebiet* ist das Fehlen der Schreibkreide; dafür macht sich besonders in den Alpen und Karpathen, im Apennin die „*Flyschfacies*“ bemerkbar, das sind sehr mächtige, fossilarme Sandsteine, Mergel und Kalke, die allerdings z. T. noch jüngerer, nämlich untertertiäres Alter haben. Diese Gesteine liegen bemerkenswerterweise in der Umgebung alter Kontinentalfragmente (böhmische Masse, Inseln im Gebiet des südlichen Apennins) und schon damals vorhandener Anfänge der alpinen — in der Hauptsache tertiären — Gebirgsbildung. — Weiterhin bezeichnend besonders für das eigentliche Mittelmeergebiet sind die *Rudisten*, d. h. infolge Festwachsens und raschen Höhenwachstums lang kegel- bis röhrenförmig gestreckte Muscheln, deren obere Schale als flacher Deckel auf der anderen sitzt. Die massenhafte Kalkabscheidung in diesen klotzigen Schalen beweist wieder warmes, seichtes Wasser. Solche Rudistenschichten — oft förmlich riffartig gebaut mit einer entsprechenden Begleitfauna — findet man in Spanien, Südfrankreich, den Ost- und Südalpen, Karpathen, auf der Balkanhalbinsel, in Kleinasien und Nordafrika am Saume des afrikanischen Kontinents bis nach Arabien, ferner im Gebiet des Indischen Ozeans, meist weit transgredierend. In ähnlichem Sinn, nämlich als Ablagerungen durchaus seichten Wassers sind ferner in Nordafrika, aber auch Spanien und Portugal sowie Südtalien auftretende austernreiche Schichten zu deuten. — Über den Kaukasus, Iran, in den Himalaya, nach Tibet, auf Borneo, die Molukken, ferner nach Ostafrika lassen sich die Ablagerungen dieses „Mittelmeeres“ verfolgen.

Faunistisch bezeichnend ist noch das Auftreten von Ammoniten mit sehr vereinfachten Kammerscheidewänden, die dadurch auffallend an Muschelkalkformen gemahnen, die „Kreidegeratiten“.

Einige besondere Eigentümlichkeiten sind zu erwähnen: 1. die sog. *Seewerschichten* der Westalpen: fossilarme, besonders foraminiferenführende kalkig-mergelige Schichten, die vom Cenoman bis ins Senon abgelagert wurden; 2. in den Südalpen die Seeigel u. a. führenden Ablagerungen der „Scaglia“, weißlich bis rötliche Kalk- und Mergelschiefer vom Alter des Senon; 3. fischreiches Senon am Libanon; 4. das auffallende, vereinzelter Vorkommen von echter Schreibkreide in der libyschen Wüste; 5. eine brackische bis Süßwasserfacies der obersten Kreide, die z. T. Kohle führt, in Istrien, Krain, Dalmatien, ähnlich im Bakony, in Portugal und der Provence, d. i. offenbar ein Rückzug des Meeres zu Ende der Kreidezeit, der sich übrigens weithin über die Erde gegen das Tertiär zu verfolgen läßt.

Im Umkreis des *Pazifik* finden sich die Schichten der oberen Kreide, die z. T. mediterran-indischen, z. T. mitteleuropäischen Anstrich haben und zahlreiche Ammoniten führen: so in Nordjapan, in Sachalin, in Californien, Peru, Chile, stets nahe der heutigen Küste, d. h. die Scheidung zwischen Pazifischem und Atlantischem Ozean war deutlich ausgeprägt.

Im *atlantischen Amerika* liegt obere Kreide infolge der Transgression ungeheuer weit verbreitet; vor allem sind es glauconitreiche „Grünsande“, wie in Europa mit entsprechender Fauna, die sich von New Jersey nach Norden, dann in den westlichen Prärien bis an das Felsengebirge, das Colorado-plateau und nach Britisch-Columbien verfolgen lassen. In Mexiko, Texas, auf den Antillen und in den nördlichen südamerikanischen Anden sind Rudistenkalke von mediterranem Habitus entwickelt. Zum Schluß der Kreidezeit entstehen die etwa dem *Danien* entsprechenden Ablagerungen der „*Laramieformation*“ am Osthang des Felsengebirges von Mexiko bis nach Canada hinein: eine 1000 bis 2000 m mächtige Schichtfolge mit Braunkohlen, in welcher Süßwassermollusken, Säugetiere und Dinosaurier (z. B. das fast nashornartige Landreptil *Triceratops*) sich finden. So sehen wir in weiten Teilen von Nordamerika, trotz immer wiederkehrender Ablagerungen etwa in ein und demselben Areal wiederholt kontinentalen Charakter herrschen: im Jura, der unteren und wiederum der oberen Kreide, ja auch im Tertiär.

Im übrigen findet sich in Jamaika auch Flysch, in Peru eine gewisse Vermischung mediterraner und pazifischer Formen, während in Patagonien pflanzenführender Sandstein bekannt ist.

Trotz der großen Transgression im atlantischen und mediterranen Gebiet verraten sich deutlich genug die Beziehungen zu den jetzigen Meeresbecken. Im *arktischen Gebiet* entspricht ihr eine gewisse Regression: die obere Kreide fehlt dort im Gegensatz zu der außerordentlichen Verbreitung des Jura und Neokom.

In *paläontologischer* Beziehung ist hervorzuheben: das Auftreten der ersten Laubhölzer neben den Cycas.

deen, Coniferen usw.; es zeigen sich Verwandte der Magnolia, von Feige; Pappel, Weide treten bereits auf. — Die Fauna ist in der Schreiekreide bezeichnet durch das massenhafte, gesteinsbildende Auftreten von Foraminiferen (s. o.); daneben spielen in der oberen Kreide Kieselschwämme eine hervorragende Rolle. Unter den Seeigeln herrschen die irregulären vor: besonders die Spatangiden. Die Brachiopoden treten in ähnlichen Formen wie im Jura auf (Terebratula, Rhynchonella), daneben ist häufig die schloßlose Crania. Unter den Muscheln sind die Trigonien, Inoceramen, ferner die

„anormalen“ Caprinen und Rudisten bereits genannt. Die Cephalopoden sind noch durch zahlreiche Ammoniten und Belemniten vertreten, die aber mit Schluß der Kreidezeit völlig verschwinden. Fische, besonders mehr und mehr die Teleostier, Reptilien (mächtige Pterosaurier mit bis zu 8 m Flügelspannweite — Pteranodon; dann die Dinosaurier, und Vögel mit bezahnten Kiefern sind noch zu nennen, und ferner die Säugetiere der Laramieformation, die an jurassische Formen erinnern, aber auch schon primitive Raubtiere (Creodontier) und Huftiere. (Fortsetzung folgt.)

Probleme der Kosmogonie.

Von H. Vogt, Heidelberg.

Die eigentlichen Begründer der wissenschaftlichen Kosmogonie sind *Kant* und *Laplace*. Es finden sich zwar auch schon in den kosmogonischen Hypothesen eines *Swedenborg*, *Whiston*, *Descartes*, *Buffon*, *Franklin* u. a. vereinzelte Bemerkungen und Gedanken, welche ein Körnchen Wahrheit enthalten und deshalb Beachtung verdienen mögen; im großen und ganzen aber sind diese Hypothesen nur als phantasiereiche Spekulationen zu betrachten, die der wissenschaftlichen Grundlage entbehren. *Kant* und *Laplace* dagegen gründeten ihre Untersuchungen auf die Newtonsche Theorie der gegenseitigen Anziehung aller Materie und ließen sich in erster Linie durch die zahlreichen Beobachtungstatsachen leiten, die damals bereits bekannt waren. Zu ihren Hypothesen kamen beide auf Grund ähnlicher Überlegungen. Beiden fiel auf, daß sich die Bewegungen aller Planeten in demselben Sinne und nahezu in ein und derselben Ebene um die Sonne vollzogen, daß dasselbe von den Bewegungen der Monde (soweit sie ihnen bekannt waren) um die Planeten galt und daß sogar die Achsendrehung der verschiedenen Körper in dem gleichen Sinne erfolgte. Diese merkwürdige Übereinstimmung konnte nicht das Ergebnis des Zufalls sein. Es mußte vielmehr früher einmal eine Verbindung zwischen den einzelnen Gliedern des Sonnensystems bestanden haben, welche die beobachtete Gleichsinnigkeit der Bewegung hervorrief, und die natürlichste Erklärung war, anzunehmen, daß die Bestandteile der Planeten und Satelliten einmal den ganzen zwischen ihnen liegenden Raum ausfüllten.

Kant hat seine kosmogonischen Ansichten in einem Werke auseinandergesetzt, welches im Jahre 1755 unter dem Titel „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ erschien. Er stellt sich bekanntlich den Anfangszustand des Sonnensystems so vor, daß die gesamte Materie, aus der jetzt die Sonne, die Planeten, die Monde und die Kometen bestehen, ursprünglich in aufgelöstem Zustande ein einziges großes Chaos von unbewegtem Staub bildeten. Auf dieses wirkte die Gravitation nach dem Newtonschen Gesetze ein. Alle Materie suchte nach dem gemeinschaftlichen Gravitationszentrum zu fallen,

in dem jetzt die Sonne steht. Dabei wurden die nach dem Zentrum strebenden Teilchen durch Zusammenstöße und eine hypothetische elastische Kraft seitlich abgelenkt und beschrieben infolgedessen in allen möglichen Richtungen Kurven um den im Entstehen begriffenen Zentralkörper. Solange diese Bahnkurven noch ungeordnet waren, stießen die Teilchen immer wieder zusammen, bis sie sich schließlich geordnet hatten, bis sie sich zuletzt alle im gleichen Sinne und in Kreisbahnen um die Sonne bewegten. Die nun um die Sonne kreisenden Staubringe aber waren nicht homogen, es gab in ihnen Stellen größerer Dichte. An diesen konzentrierte sich die Materie mehr und mehr; es entstanden Planeten und Kometen. In ähnlicher Weise bildeten sich auch um die Planeten die Satelliten.

Die Nebularhypothese von *Laplace* ist in der Note VII seines berühmten Werkes „Exposition du système du monde“ (zuerst 1796 erschienen) enthalten. Nach ihr ist das Sonnensystem aus einem heißen Gasnebel hervorgegangen, der sich einst bis über die Neptunbahn hinaus ausdehnte. Und zwar war dieser Nebel mit einer gleichförmigen Rotationsbewegung begabt. Er war nicht homogen, sondern gegen das Zentrum hin verdichtet. Als sich der Nebel abkühlte und zusammenschrumpfte, nahm seine Rotationsgeschwindigkeit so zu, daß das Rotationsmoment stets dasselbe blieb. Mit der Rotationsgeschwindigkeit wuchs auch die Zentrifugalkraft am Äquator, und in einem gewissen Zeitpunkte mußte die Zentrifugalkraft am Äquator der dort wirkenden Gravitationskraft gerade das Gleichgewicht halten. Dann lösten sich entsprechende Massen als Nebelring von dem Sonnennebel ab. Die fortgesetzte Abkühlung führte zu immer weiterer Kontraktion und damit zu noch schnellerer Rotation, bis sich ein zweiter Ring ablöste usw. Es zerrissen schließlich die Ringe und schlossen sich zu Planeten zusammen, während der zentrale Kern die Sonne bildete. Der ganze Vorgang wiederholte sich im kleinen bei den Planeteunebeln und so entstanden die Satelliten.

Es würde zu weit führen, auf die zahlreichen Diskussionen einzugehen, zu denen die beiden berühmten Theorien Anlaß gegeben. Heute wis-

sen wir, daß sowohl die Kantsche als auch die Laplacesche Theorie die Entstehung unseres Sonnensystems nicht zu erklären vermag. Aber trotzdem haben die beiden Theorien für uns nicht ganz ihren Wert verloren. Denn manche von den Kantschen und Laplaceschen Vorstellungen sind, wie auch aus dem folgenden hervorgehen wird, auf die moderne Kosmogonie übergegangen.

Um ein Bild von dem heutigen Stand der Kosmogonie zu bekommen, wollen wir von der Entstehung und Entwicklung der sogenannten Spiralnebel ausgehen, da uns eine Betrachtung gerade hierüber von selbst in fesselnde Fragen von allgemeiner kosmogonischer Bedeutung hineinführt.

Diese *Spiralnebel* sind außerordentlich zahlreich am Himmel vertreten. Charakteristisch für ihre Form ist, daß von einem hellen zentralen Kern an diametralen Punkten zwei Zweige ausgehen, die in einem von Nebel zu Nebel wechselnden Umfange in ausgreifenden Spiralen den Kern umschlingen. In den Spiralarmen bemerkt man häufig Verdichtungen oder Knoten, deren Zahl dann sehr groß sein kann. Nicht immer sind die Spiralen vollständig ausgebildet, es zeigen sich Unregelmäßigkeiten, Knickungen, Verwerfungen usw. Im allgemeinen scheint der Verlauf der Windungen mehr einer logarithmischen als einer archimedischen Spirale zu folgen. Manche von den Spiralnebeln sehen wir in prachtvoller Entwicklung ihrer Spiralen von der breiten Seite, andere mehr oder weniger von der hohen Kante. Die letzteren lassen erkennen, daß der Nebelkern eine abgeplattete, linsenförmige Gestalt hat, was schon den Schluß nahelegt, daß sich der Kern in Rotation befindet. Und in der Tat hat man auch auf spektroskopischem Wege bei mehreren Spiralnebeln eine Rotation des Kernes festgestellt, und zwar rotiert dieser stets nach der konkaven Seite der Spiralarme hin. Weiter hat gerade in den letzten Jahren *van Maanen* mit großer Sicherheit nachgewiesen, daß die Spiralarmematerie eine von dem Kern weg und längs der Spiralarme gerichtete Bewegung zeigt. Die Spiralarme stellen demnach nicht etwa nur den augenblicklichen Ort, sondern auch die wirklichen Bahnkurven der Materie dar. Wir haben eine rotierende Zentralmasse, aus der im Äquator an zwei diametral gelegenen Stellen Materie ausströmt. Und zwar spricht die Beobachtungstatsache, daß der Kern nach der konkaven Seite der Spiralarme hin rotiert, dafür, daß die Ausströmungsstellen ihre Richtung im Raume beibehalten oder wenigstens nicht mit dem Kerne rotieren.

Was nun die *Entstehung der Spiralnebel* betrifft, so läßt sie sich am zwanglosesten auf Grund einer Theorie erklären, die *Jeans* in seinem Werke „*Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics*“ wiedergibt und die von der durch *Roche* verbesserten und erweiterten Laplaceschen Gashypothese ausgeht.

Roche hat gezeigt, daß eine rotierende Gasmasse mit starker zentraler Verdichtung sich nicht unbegrenzt ausdehnen kann, sondern nur bis zu einer bestimmten kritischen Grenzfläche. Es ist dies die größte geschlossene Niveaufläche. Diese hat linsenförmige Gestalt und besitzt im Äquator eine scharfe Kante, ein Kontinuum von singulären Stellen, an denen sich Gravitation und Zentrifugalkraft gerade das Gleichgewicht halten. Der Äquatorhalbmesser der Grenzfläche

ist $r = \frac{k^2 \cdot M^{1/3}}{\omega^{2/3}}$ wo M die Masse, ω die Winkel-

geschwindigkeit und k^2 die Gravitationskonstante bedeutet. Zieht sich nun die Gasmasse zusammen, so wächst ω nach dem Flächenprinzip und r nimmt ab, d. h. die kritische Grenzfläche zieht sich dann auch zusammen, und zwar zieht sie sich schneller zusammen als die Oberfläche der Gasmasse. Dehnt sich also die Gasmasse ursprünglich nicht bis zur kritischen Grenzfläche aus, so bewirkt die Kontraktion eine beständige Annäherung der Grenzfläche an die Oberfläche der Gasmasse. Schließlich befindet sich die kritische Grenzfläche innerhalb der physischen Oberfläche der Gasmasse und die außerhalb liegende Gasschicht wird sich dann längs einer in dem Äquator offenen Niveaufläche auszubreiten suchen, d. h. in der Äquatorebene ausströmen und damit aufhören, ein Bestandteil der Hauptmasse zu sein. Die aus der Umgebung des Äquators stammenden Teilchen beschreiben Kreisbahnen, die aus höheren Breiten kommenden dringen wegen ihrer kleineren linearen Geschwindigkeiten in mehr oder weniger exzentrischen elliptischen Bahnen wieder in das Innere der Hauptmasse ein.

Bei diesem Abtrennungsprozeß ist jedoch vorausgesetzt, daß keine äußere störende Masse vorhanden ist. Ist eine solche vorhanden, so stellt sich ein Abströmungsprozeß anderer Natur ein.

Auch in diesem Fall gibt es eine kritische Grenzfläche, über die hinaus sich die Gasmasse nicht ausdehnen kann, und diese Grenzfläche besitzt auch singuläre Stellen, an denen sich Gravitationskraft, Zentrifugalkraft und deformierende Kraft das Gleichgewicht halten. Aber die singulären Stellen bilden jetzt nicht mehr ein Kontinuum in der Äquatorebene, sondern beschränken sich auf zwei diametral gelegene konische Punkte in der Äquatorebene, von denen der eine nach dem störenden Körper hin, der andere von ihm abgewandt ist. Zieht sich also die Gasmasse zusammen, so entweicht schließlich (indem sich die Dimensionen der kritischen Grenzfläche mit den beiden konischen Punkten wieder schneller zusammenziehen als die linearen Ausdehnungen der Gasmasse) die überschüssige Materie durch die beiden konischen Punkte und nicht mehr, wie bei der frei rotierenden Gasmasse, längs des ganzen Äquators.

Diese Untersuchungen überträgt *Jeans* auf die *Spiralnebel*. Er nimmt an, daß der Kern

eines Spiralnebels eine rotierende Gasmasse mit starker zentraler Verdichtung ist. Sobald die Gasmasse bei zunehmender Kontraktion und wachsender Rotationsgeschwindigkeit die Gestalt der kritischen Grenzfläche angenommen hat, beginnt im Äquator Materie auszuströmen und zwar unter dem Einfluß schwacher Gezeitenkräfte, die von fernen Gestirnen ausgehen, nur an zwei diametral gelegenen Stellen, die nicht mit dem Kerne rotieren. Warum dann die einzelnen Teilchen dieser ausgeströmten Materie nicht mehr oder weniger gestörte kreisförmige und elliptische Bahnen beschreiben, sondern sich in Spiralkurven von dem Kern entfernen, dafür gibt es noch keine auch nur einigermaßen sichere Erklärung. *Jeans* sucht zwar in seinen „Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics“ die Entstehung der Spiralarme auch auf die erwähnten schwachen Gezeitenkräfte zurückzuführen, welche von fernen Gestirnen ausgehen. Durch diese Gezeitenkräfte sollen die losgelösten Massenteilchen immer mehr von der Zentralmasse abgedrängt werden und deshalb nicht kreisförmige und elliptische Bahnen, sondern deformierte logarithmische Spiralen beschreiben.

In einer anderen Arbeit¹⁾ spricht *Jeans* auch von der Möglichkeit, die Entstehung der Spiralkurven auf eine sehr große innere Viskosität der Spiralarmmaterie zurückzuführen. Beide Erklärungen sind aber nicht sehr überzeugend, besonders wenn man berücksichtigt, daß sich die einzelnen Massenteilchen während ein oder zwei Umläufen um das Mehrfache des Durchmessers der Hauptmasse von der Oberfläche der Hauptmasse entfernen müssen, falls Spiralarme entstehen sollen, wie sie die Beobachtung zeigt. Man könnte vielleicht noch eher an eine Repulsivkraft denken, welche von der Zentralmasse ausgeht und der auf die Spiralarmmaterie ausgeübten Gravitationskraft entgegenwirkt. Eine Repulsivkraft, deren Wirkung auf die Spiralarmmaterie genau wie die der Gravitation mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, kann zwar nicht in Betracht kommen. Denn eine solche würde sich nur in einer scheinbaren Verkleinerung der Gravitationskonstante bemerkbar machen. Es müßte schon eine Repulsivkraft sein, die entweder langsamer als mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, oder die (auf die Entfernungseinheit reduziert) infolge Zustandsänderungen der Materie, von der sie ausgeht oder auf die sie wirkt, mit der Zeit variiert und zwar zunimmt. Vielleicht könnte als eine solche Repulsivkraft z. B. der Strahlungsdruck in Betracht kommen, der ja Einfluß auf viele kosmische Erscheinungen hat. Denn einmal nimmt bis in Entfernungen, die mit dem Durchmesser der Zentralmasse vergleichbar sind, der Strahlungsdruck langsamer als mit dem Quadrat der Entfernung ab. Außerdem nimmt mit fortschreiten-

der Kontraktion die Temperatur der Zentralmasse zu. Dabei bleibt zwar die Gesamtstrahlung nach *Eddington* konstant²⁾, aber sie wird kürzwelliger, wodurch auch der auf die Spiralarmmaterie wirkende Strahlungsdruck wachsen kann. Schließlich ist es möglich, daß sich die Spiralarmmaterie, wenn sie sich vom Kerne losgelöst, mit der Zeit derart (durch intramolekulare Änderungen oder Zusammenballung von Molekülen) ändert, daß ihr Absorptions- oder ihr Reflexionsvermögen und damit die Wirkung des Strahlungsdruckes auf sie wächst.

Wenn wir nun auch nur Vermutungen darüber anstellen können, welches die Kraft ist, die da die Spiralarmmaterie immer mehr von dem Kerne wegdrängt, so kann man doch wieder mit etwas größerer Sicherheit sagen, was geschieht, wenn sich die Spiralarme einmal gebildet haben.

Ähnlich wie in der Laplaceschen Hypothese die Ringe mit der Zeit instabil werden und in Einzelmassen zerfallen, die sich zu Planeten verdichten, so werden auch die von der Zentralmasse eines Spiralnebels ausgehenden Ströme instabil. Es bilden sich längs der Spiralarme in regelmäßigen Intervallen Wölkchen oder Knoten.

Mit plausibeln Annahmen kann man für einen Spiralnebel, dessen Rotationsperiode bekannt ist, den mittleren Abstand benachbarter Knoten in Kilometern berechnen (Größenordnung 10^{12} km). Vergleicht man diesen berechneten mittleren Abstand mit dem scheinbaren mittleren Abstand in Bogensekunden am Himmel, so läßt sich auch die Entfernung des Spiralnebels bestimmen. Auf diese Weise findet *Jeans* z. B. für den Spiralnebel M 101 eine Entfernung von ungefähr 3000 Lichtjahren in prinzipieller Übereinstimmung mit anderen neueren Entfernungsschätzungen von Spiralnebeln.

Man kann weiter für einen Nebel, dessen Rotationsperiode bekannt ist, die mittlere Dichte bestimmen (für M 101 ist sie z. B. von der Größenordnung 10^{-17}). Aus dieser und dem mittleren Abstand benachbarter Knoten wieder findet man wenigstens der Größenordnung nach, die mittlere Masse, welche sich in den einzelnen Knoten konzentriert. Die Rechnung führt zu dem wichtigen Resultat, daß die mittlere Masse der Knoten von der Größenordnung 10^{31} Gramm, d. h. gleich der Masse eines mittleren Sternes ist.

Hiernach hätten wir es also in den Spiralnebeln mit Sterne produzierenden Mechanismen zu tun. Die Knoten in den Spiralarmen wären Sterne im Entstehen.

Leuchten nun die Knoten, die wir in den Spiralarmen sehen und von denen wir annehmen, daß es Sterne im Entstehen sind, schon im eigenen Lichte oder im reflektierten Licht des Spiral-

²⁾ Wie die Beobachtung zeigt, ist dies übrigens nicht streng der Fall. Zwischen den Spektralklassen K und G des Riesenstadiums scheint vielmehr die Strahlung einer Gasmasse verhältnismäßig schnell zu zunehmen. Bemerkenswert ist, daß die meisten Spiralnebel gerade diesen Spektralklassen angehören.

nebelkernes? Manches spricht für die zweite Annahme. Denn einmal gibt es kaum einen Spiralnebel, bei dem die Spiralarme den Kern mehr als zwei- oder dreimal umschlingen. Da nun die Umlaufszeit der Spiralarmematerie um die Zentralmasse nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen von der Größenordnung 80.000 Jahre ist, so müßte die ganze Materie, die wir jetzt in den Spiralarmen beobachten, in den letzten 250.000 Jahren aus ihren Zentralmassen ausgeströmt sein. Innerhalb dieser Zeit müßten also auch alle Spiralnebel, die wir sehen, entstanden sein, falls die uns sichtbaren Spiralarme die ganze aus den Kernen ausgeströmte Materie darstellen würden. Aber eine solche Periode kann in der Entwicklungsgeschichte der Spiralnebel nur einen kurzen Moment bedeuten. Deshalb liegt die Annahme nahe, daß sich die Spiralarme in Wirklichkeit weiter ausdehnen als wir sehen, daß aber in einer bestimmten Entfernung vom Kerne das von den Spiralarmen reflektierte Licht zu schwach ist, um von uns beobachtet werden zu können. Weiter ist eine auffallende Erscheinung, daß die Spiralarme einen kleineren Farbenindex haben, also in blauem Lichte leuchten als die Nebelkerne. Auf Grund der Reflexionstheorie könnte man die Erscheinung zu erklären versuchen, indem man annimmt, daß die Spiralarmematerie ähnlich wie unsere Atmosphäre kurzwelliges Licht mehr reflektiert und diffus zerstreut als langwelliges. Schließlich hat *Curtis* gefunden, daß in Spiralnebeln, bei denen wir sehr schräg auf die Hauptebene blicken, die eine Nebelhälfte im allgemeinen etwas heller erscheint als die andere. Dieses ließe sich ebenfalls auf Grund der Reflexionstheorie erklären. Denn die einzelnen Knoten würden im reflektierten Lichte auf der von dem leuchtenden Zentralkern abgewandten Seite etwas weniger hell sein als auf der dem Kern zugewandten Seite. Infolgedessen müßte auch die uns am nächsten liegende Nebelhälfte uns etwas weniger hell erscheinen als die entfernter liegende und die helle Seite der Knoten uns zukehrende Hälfte. Dagegen ist aber wieder zu bemerken, daß es bis jetzt trotz mehrerer Versuche nicht gelungen ist, polarisiertes Licht in den Spiralarmen nachzuweisen, wie man es auf Grund der Reflexionstheorie erwarten sollte. Auch die Helligkeitsverteilung innerhalb der Spiralnebel scheint die Reflexionstheorie nicht gerade zu stützen (abgesehen von der durch *Curtis* festgestellten Erscheinung).

Jedenfalls ist also die Frage nach der Ursache des Leuchtens der Nebelknoten noch nicht endgültig geklärt. Können wir nun aber vielleicht in anderer Hinsicht noch etwas über die Knoten, insbesondere über ihre Weiterentwicklung aussagen? Wird sich bei ihnen derselbe Vorgang, der sich bei den Spiralnebeln abspielte, im kleinen wiederholen und werden auf diese Weise vielleicht Systeme gleich unserem Sonnensystem, also Sterne mit Planetengefolgen entstehen? Nein. Eine rotierende Gasmasse von der Größenordnung

eines Sternes resp. eines Spiralnebelknotens wird sich zwar mit zunehmender Kontraktion und wachsender Rotationsgeschwindigkeit auch immer mehr abplattten, bis ihre Oberfläche die Gestalt der kritischen Grenzfläche angenommen hat. Es wird sich dann auch in ihrem Äquator Materie lösen und zwar, wenn keine störende Masse vorhanden ist, längs des ganzen Äquators, wenn eine solche vorhanden ist, nur an zwei diametral gelegenen Stellen im Äquator wie bei den Spiralnebeln. Es ist aber nach *Jeans* in diesem Falle, wo die Zentralmasse nur von der Größenordnung eines Sternes ist, die innere Gravitation der nur sehr langsam und spärlich ausströmenden Materie nicht groß genug, um isolierte Massen, wie sie die Planeten darstellen, entstehen zu lassen. Die einzelnen Gasteilchen werden vielmehr fortfahren, als selbständige Satelliten um ihre Zentralmasse zu kreisen und eine Atmosphäre um dieselbe bilden. Und dieser Zustand wird so lange weiterbestehen, bis schließlich die Zentralmasse eine bestimmte kritische Dichte erreicht hat. Dann setzt nach einer Theorie, welche besonders *Darwin*, *Poincaré* und *Jeans* gefördert haben, etwas Neues ein. Die Zentralmasse gibt ihre zur Rotationsachse symmetrische Gestalt, die nicht länger Gleichgewichtsfigur sein kann, auf und nimmt (wenigstens angenähert) die Gestalt eines dreiachsigen Ellipsoides an, dessen kürzeste Achse mit der Rotationsachse zusammenfällt. Dann verlängert sie sich in der Richtung ihrer größten Achse immer mehr, sie wird birnenförmig und noch später gleich einer Sanduhr eingeschnürt, wobei die Einschnürung bei den inneren Schichten gleicher Dichte ausgeprägter ist als bei den äußeren. Schließlich fangen die Einschnürungen der aufeinanderfolgenden Schichten von innen nach außen an durchzureißen, und sind sie alle durchgerissen, so ist aus dem einfachen Himmelskörper ein *Doppelstern* geworden. Die beiden Doppelsternkomponenten, welche von derselben Größenordnung sind, umkreisen sich zuerst in sehr enger Bahn und innerhalb einer gemeinsamen Atmosphäre. Infolge Gezeitenwirkungen dehnt sich dann im Laufe der Zeit die Bahn des Doppelsternsystems unter gleichzeitiger Zunahme der Exzentrizität weiter aus, aber nur bis zu einer bestimmten Grenze. Denn *Moulton* und *Russell* haben gezeigt, daß die Gezeitenkräfte nicht ausreichen, um die Umlaufszeit eines Doppelsternes von wenigen Tagen in eine solche von vielen Jahren umzuwandeln. Dazu ist schon die Einwirkung äußerer Kräfte notwendig. *Jeans* z. B. ist daher auch der Ansicht, daß es zufällige Annäherungen anderer Sterne sind, welche die Umwandlung der ursprünglich engen Doppelsternbahnen herbeiführen.

Der soeben beschriebene Trennungsprozeß kann sich bei den einzelnen Komponenten der Doppelsternsysteme wiederholen und schließlich auch noch einmal bei den Komponenten der Untersysteme. Auf die Weise entstehen dann drei- und mehrfache Sterne.

Wir sind damit am Ende einer Entwicklungsgeschichte angelangt, welche die Entstehung eines Sternsystems aus einer Gasmasse schildert. Eine wichtige Frage ist nun: Entstehen auf diese Weise Sternsysteme von der Größenordnung unseres Milchstraßensystems oder nur von der Größenordnung der unserem Milchstraßensystem untergeordneten Sternhaufen? Die zweite Annahme scheint, den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen nach zu schließen, die wahrscheinlichere zu sein. So würden z. B. die Bewegungen, welche *van Maanen* in den Spiralarmen verschiedener Nebel festgestellt hat, auf unwahrscheinlich große Geschwindigkeiten führen, auf Geschwindigkeiten, welche mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar wären, wenn die Spiralnebel von der Größenordnung unseres Milchstraßensystems wären und sich dementsprechend weit weg von diesem System befänden. Wie bereits erwähnt, findet auch *Jeans*, indem er den berechneten mittleren Abstand benachbarter Spiralarmeknoten mit dem scheinbaren mittleren Abstand in Bogensekunden vergleicht, für den Spiralnebel M. 101 eine Entfernung von nur 3000 Lichtjahren und weiter aus dieser Entfernung, dem scheinbaren Durchmesser und der Rotationsperiode des Nebels (85 000 Jahre) die verhältnismäßig geringe Masse von ungefähr 10^{37} Gramm oder 5000 Sonnenmassen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Hypothese, welche vor kurzem *Lindemann*³⁾ über die Beziehung der Spiralnebel zu unserem Milchstraßensystem aufgestellt hat. Nach dieser entstehen die Spiralnebel, kurz gesagt, aus der Materie, die durch den Strahlungsdruck aus der Milchstraße fortgetrieben wird. Im Anschluß an die Lindemannsche Hypothese hat *Reynolds*⁴⁾ darauf hingewiesen, daß sich tatsächlich die Spiralnebel im allgemeinen nach der Richtung zu bewegen scheinen, in der nach der Verteilung der Sterne und Sternhaufen der größte Strahlungsdruck zu erwarten ist. Die bekannte auffallende Erscheinung, daß die meisten Spiralnebel eine sehr große von unserem Standpunkte im Weltall weggerichtete Radialbewegung zeigen, würde damit eine sehr plausible Erklärung finden, sie wäre auf den von den Sternen des Milchstraßensystems ausgehenden Strahlungsdruck zurückzuführen. Es hat zwar *Russell*⁵⁾ in einer früheren Arbeit zu zeigen versucht, daß die großen von uns weggerichteten Radialbewegungen der Spiralnebel nicht durch den von der Milchstraße ausgeübten Strahlungsdruck erklärt werden können. Seine Untersuchungen zeigen jedoch nur, daß die Wirkung dieses Strahlungsdruckes auf die bereits ausgebildeten Spiralnebel nicht genügt, um deren Radialgeschwindigkeiten zu er-

klären. Dagegen kann sehr gut die sich aus der Milchstraße hinausbewegende Materie, welche sich im Zustande höchster Verdünnung befindet, unter der Einwirkung des Strahlungsdruckes eine Geschwindigkeit erreichen, wie man sie bei den Spiralnebeln beobachtet. Man hätte sich also vorzustellen, daß sich von den inneren und an Sternen dichteren Gegenden der Milchstraße nach den weniger dichten und von dort weiter aus der Milchstraße hinaus dauernde und stark beschleunigte Ströme von Materie bewegen, in denen sich im Laufe der Zeit an geeigneten Stellen durch Kondensation die Spiralnebel herausbilden. Ihre große, von uns abgewandte Radialgeschwindigkeit besitzen hiernach die Spiralnebel schon während ihres Entstehens.

Schreiten die Spiralnebel in ihrer Entwicklung zu Sternsystemen fort, so gewinnt allmählich die von dem Milchstraßensystem ausgehende Gravitationskraft die Oberhand über den Strahlungsdruck, und schließlich können sich die ehemaligen Spiralnebel als mehr oder weniger entwickelte Sternhaufen dem Milchstraßensystem wieder nähern. Kommen sie nun in die Nähe der großen Milchstraßenmassen, so werden sie, da sie gegenüber äußeren Gravitationswirkungen außerordentlich empfindliche dynamische Gebilde sind, sehr schnell aufgelockert, sie zerfallen und liefern so das Material zu den Sternwolken der Milchstraße. Wir hätten also mehr oder weniger einen Kreislaufprozeß. Der Milchstraße wird beständig Materie in Form von Spiralnebeln entführt und dann in Form von Sternhaufen wieder zugeführt.

Diese Darstellung eines gleichsam in sich zurücklaufenden Entwicklungsprozesses bedarf zwar noch einer Ergänzung. Man wird nicht annehmen müssen, daß auch alle Materie, die sich unter der Einwirkung des Strahlungsdruckes von den einzelnen Sternen und Sternwolken fortbewegt, das Milchstraßensystem verläßt. Sie wird sich auch in sternarmen Gegenden innerhalb der Milchstraße, in Sternhöhlen, ansammeln und dort auf anderem Wege als über die Spiralnebel zu mehr oder weniger großen Sterngruppen entwickeln können. Weiter wird man nicht annehmen müssen, daß aus der Materie, die sich aus dem Milchstraßensystem herausbewegt, nur Spiralnebel entstehen können. Die Spiralnebel sind rötierende Gebilde. Ist nun die Geschwindigkeitsverteilung der sich zu einer Nebelmasse verdichtenden Teilchen derart, daß keine Rotation zustande kommt, so wird kein Spiralnebel, sondern ein Kugelnebel entstehen. Dieser kann sich zwar dann sehr wahrscheinlich auch durch einen Prozeß, den wir im einzelnen noch nicht näher verfolgen können, zu einem (vermutlich sehr dichten) Sternhaufen entwickeln, als solcher sich schließlich wieder dem Milchstraßensystem nähern und ebenfalls Material zu dessen Sternwolken liefern.

Um nun zum Schlusse noch kurz auf die Entwicklung unseres Sonnensystems zu sprechen zu

³⁾ Monthly Notices Vol. LXXXIII, Nr. 6. In dieser Arbeit versucht auch übrigens *Lindemann*, das Leuchten der Spiralnebel auf reflektiertes Milchstraßenlicht zurückzuführen. Doch dürfte diese Ansicht kaum haltbar sein.

⁴⁾ Monthly Notices Vol. LXXXIII, Nr. 7.

⁵⁾ The Astrophysical Journal, Vol. LIII.

kommen. In der ganzen Entwicklungsgeschichte, wie wir sie wiedergegeben, sind wir auf kein Gebilde gestoßen gleich dem unseres Sonnensystems. Wie ist dies zu erklären? Stellt die Entstehung unseres Sonnensystems vielleicht einen anomalen Fall der Entwicklung dar? Es scheint so. Nach einer Hypothese, welche *Jeans* the tidal hypothesis nennt und welche der sogenannten Planetesimalhypothese von *Chamberlin* und *Moulton* sehr ähnlich, wenn auch nicht identisch mit ihr ist⁹⁾, hat sich das Sonnensystem zu seiner jetzigen Form unter der Einwirkung eines stark störenden äußeren Körpers entwickelt. Die Sonne existierte ursprünglich als einfacher Stern, bis ein fremder Himmelskörper sehr nahe an ihr vorüberging und elementare Störungen in ihr hervorrief. Denn als sich dieser Himmelskörper der Sonne näherte, erregte er auf der ihm zugekehrten und auf der ihm abgekehrten Seite derselben hohe Fluten. Die Sonne nahm infolgedessen eine in die Länge gezogene Form an, deren

⁹⁾ *Chamberlin* und *Moulton* nehmen vor allem an, daß das Innere der Sonne der Sitz gewaltiger Erup-tionskräfte war, welche durch die Gezeitenkräfte verstärkt wurden.

längste Achse gegen den fremden Himmelskörper zeigte. Bei fortschreitender Annäherung wurde die Verlängerung immer ausgeprägter und zuletzt kam ein Zeitpunkt, wo zwei Ströme von Materie, einer nach dem fremden Himmelskörper hin und ein anderer nach der entgegengesetzten Richtung, ausbrachen. Die beiden Ströme waren nicht stabil, sondern sie zerfielen, und als Endprodukt blieb schließlich, nachdem der fremde Himmelskörper längst vorübergegangen war, eine Anzahl getrennter Massen, welche sich als Planeten um die Sonne bewegten und die ihrerseits wieder von kleineren Massen, den Monden, umkreist wurden.

Diese Hypothese über die Entstehung unseres Sonnensystems beruht zwar auch nur auf mehr oder weniger gestützten Vermutungen. Manche Eigentümlichkeiten unseres Sonnensystems erklärt sie recht gut, andere wieder weniger befriedigend. Ob und wie weit sie der Wirklichkeit entspricht, ist deshalb noch sehr fraglich. Es gilt eben sowohl in bezug auf die Entstehung unseres Sonnensystems als auch in bezug auf die ganze Kosmogonie, daß wir bis jetzt etwas ganz Sicheres nicht wissen.

Über die Beobachtung der Lichtablenkung während der totalen Sonnenfinsternis am 21. September 1922.

Im Bulletin Nr. 346 der Licksternwarte sind die Resultate der Sonnenfinsternis-Expedition dieser Sternwarte im Jahre 1922 ausführlich mitgeteilt. Die Expedition der Licksternwarte hatte Wollal an der Westküste Australiens zum Beobachtungsort gewählt: sie war die einzige der drei größeren Expeditionen, welche zur Prüfung der Relativitätstheorie, ausgezogen waren die die geplanten Beobachtungen ausführen konnte. Die Beobachter waren der Direktor der Licksternwarte *W. W. Campbell* und *R. Trümpler*. Ihre Resultate dürften als eine vorzügliche Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie gelten.

Für den Astronomen würde die Aufgabe, eine Lichtablenkung in der Umgebung der Sonne zu messen, wenn sie am Sonnenrande die von der Theorie behaupteten 1,74" erreicht, bei dem heutigen Stande der Beobachtungs- und Meßtechnik keine übermäßigen Schwierigkeiten bieten, wenn sie nicht unter den besonderen Umständen einer nur wenige Minuten dauernden Sonnenfinsternis unternommen werden müßte. Die Messungen lassen sich rein differentiell ausführen, d. h. auf die Feststellung beschränken, ob sich die Sternbilder auf einer während einer totalen Sonnenfinsternis gewonnenen Aufnahme der Sonnenumgebung systematisch von den Abständen derselben Sternbilder auf einer Aufnahme unterscheiden, die einige Wochen vor bzw. nach der Finsternis gewonnen wird, wenn die Sonne dieser Himmelsgegend fernsteht. Solche Messungen sind mit einem hohen Grade von Genauigkeit ausführbar.

Erst der Umstand, daß die Aufnahmen, wie bei der hier vorliegenden Aufgabe, im allgemeinen nicht auf einer Sternwarte ausgeführt werden können, und die während der Finsternis aufgenommene Himmelsgegend die durch den Mond verdunkelte Sonne enthält, bringt besondere Schwierigkeiten mit sich. Es

ist sehr schwierig, ein großes, stabiles Fernrohr an irgend einem, oft von aller Zivilisation weit entfernten, Beobachtungsort aufzustellen und so genau zu justieren, daß die während der Finsternis gemachten Aufnahmen in der Qualität der Sternbilder allen Ansprüchen genügen. Außerdem muß man damit rechnen, daß die Gegenwart der Sonne in der untersuchten Himmelsregion neue und bis dahin noch nicht erforschte systematische Fehler in die Messungen tragen kann. Dieser zweite Umstand ist während der letzten Jahre, besonders nach der Veröffentlichung der Sonnenfinsternis-Beobachtungen der englischen Expeditionen im Jahre 1919 ausführlich von vielen Seiten erörtert worden. Es hat sich aber bisher kein störender Effekt mit Sicherheit nennen lassen, der der Größe und seinem Verlauf nach die von der allgemeinen Relativitätstheorie behauptete Lichtablenkung vortäuschen könnte¹⁾.

Instrument.

Bei der Ausführung der Beobachtung haben die amerikanischen Astronomen im wesentlichen alle diejenigen Faktoren sorgfältig berücksichtigt, von denen

¹⁾ Es wird zwar immer wieder auf die von *L. Courvoisier* vermutete sogenannte jährliche Refraktion hingewiesen. Es liegen aber für diese weder eindeutige Beobachtungsdaten noch irgendeine theoretische Begründungsmöglichkeit vor. Die von *G. Struve* in den A. N. Nr. 5158, 1921, mitgeteilten Beobachtungen weisen mit ziemlicher Sicherheit darauf hin, daß es sich bei dieser Erscheinung nur um einen systematischen Fehler physiologischer Natur handelt. Wie mir Herr *Trümpler* kürzlich brieflich mitgeteilt hat, liefert auch die Reduktion der während der letzten Finsternis mit einer 1½-Meter-Kamera gemachten Aufnahmen, die Sterne in einem Abstände bis zu 10° von der Sonne enthalten, nach den bisherigen (noch nicht definitiv abgeschlossenen) Messungen keine Anzeichen für das Vorhandensein des von *Courvoisier* vermuteten Effektes.

das Gelingen des Unternehmens abhing. Die instrumentelle Ausrüstung bestand aus einem parallaktisch montierten photographischen Fernrohr, das zwei Kammern von 4.5 Meter Brennweite enthielt. Die beiden Linsen, von 12 cm Öffnung, waren Speziallinsen mit geübtem Gesichtsfeld. Eine vor Beginn der Expedition angestellte Untersuchung lehrte, daß diese Linsen ein Plattenformat von 42×42 cm vollkommen scharf auszeichneten, daß also bis zum Rand solcher Platten die Sternbilder einer Himmelsgegend runde und wohl definierte Scheibchen waren.

Die Verwendung solcher Linsen ist bei der vorliegenden Aufgabe die unbedingte Voraussetzung dafür, die vermutete Verschiebung der Sternbildchen vom Sonnenrande aus bis zu solchen Abständen von der Sonne mit genügender Genauigkeit verfolgen zu können, wo sie nach der Relativitätstheorie unmeßbar klein wird. Neben den beiden photographischen Kammern trug die Montierung noch ein visuelles Fernrohr, um während der Expositionen durch Einstellen eines Sternes den Gang des die Rohre der täglichen Bewegung der Gestirne nachführenden Uhrwerkes unter Kontrolle zu halten. Es war aber keine Vorrichtung vorhanden, um die während der 2 Minuten dauernden Aufnahmen auftretenden Schwankungen in Deklination zu korrigieren. Dies mag mit daran schuld sein, daß, wie wir sehen werden, die Genauigkeit der Messungen noch nicht voll auf befriedigend ist. Noch vorhandene kleine Aufstellungsfehler und Änderungen der Durchbiegung des Fernrohrs können während der Expositionen kleine Verlagerungen der Schwärzungsschwerpunkte der Sternscheibchen und damit kleine scheinbare Verlagerungen hervorgerufen haben.

Ausführung der Beobachtungen.

Die Himmelsgegend, welche während der Finsternis die verdunkelte Sonne umgab, hatte Herr Trümpler mit demselben Fernrohr in Tahiti aufgenommen, wo das Instrument einige Wochen vor der Finsternis für kurze Zeit aufmontiert wurde. Die Dauer der Expositionen war sorgfältig so bestimmt worden, daß bei diesen Nachtaufnahmen die Sternbilder in gleicher Intensität hervortraten wie auf den Finsternisplatten, die immerhin bei einer Gesamthelligkeit des Himmels infolge des Coronallichtes gewonnen wurden, die einer klaren Mondnacht entspricht. Die Finsternis, die in Wollal mehr als 4 Minuten dauerte, gestattete zwei Paar Aufnahmen von je 2 Minuten Dauer mit einmaligem Kassettenwechsel. Vorangehende Untersuchungen in Mondscheinnächten lehrten, daß bei einer solchen Dauer der Aufnahmen die Verschleierung der Platten noch nicht die Ausbeute an schwachen Sternbildern herabsetzen würde, und daß die vorangehenden Nachtaufnahmen der Finsternisgegend etwa 3 Minuten belichtet werden mußten, um den Finsternisaufnahmen nach Möglichkeit zu entsprechen. Die reichen Finsterniserfahrungen von Herrn W. W. Campbell kamen hier dem Unternehmen sehr zugute.

In Tahiti wurde auf jede Nachtaufnahme der Finsternisgegend noch eine zweite Vergleichsgegend des Himmels aufgenommen, welche auch während der Epoche der Finsternis in der darauffolgenden bzw. vorangehenden Nacht beobachtbar war. Dieser Ge-
gend war also zu beiden Zeiten die Sonne fern, und es war auf diesen Vergleichsaufnahmen ein Effekt nach Art der Lichtablenkung nicht zu erwarten. Zwischen zwei solchen Aufnahmen wurde die Kassette mit der schon einmal belichteten Platte nicht abgenommen, sondern nur die Expositionsklappe ge-

schlossen. Man darf also damit rechnen, daß in der Zwischenzeit die rein instrumentellen Verhältnisse sich nicht geändert haben werden.

In gleicher Weise wurden dann in Wollal, nachdem die photographischen Kammern montiert worden waren, zwei Platten in der Nacht vor der Finsternis mit Aufnahmen der Vergleichsgegend versehen. Die Kassetten blieben dann unberührt bis zur Finsternis, wo die gleichen Platten zum zweiten Male belichtet wurden. Die während der zweiten Hälfte der Finsternis gewonnenen Aufnahmen blieben dann in den Kassetten, bis sie in der folgenden Nacht ebenfalls noch mit der Vergleichsgegend versehen waren. Dieser Beobachtungsturnus ist durch das Wesen der vorliegenden Aufgabe bedingt und war auch von den übrigen Expeditionen ins Auge gefaßt worden.

Außer den 4 Finsternisplatten, von denen jede etwa 80 Sternbildchen aufwies, und den ihnen entsprechenden 4 Nachtaufnahmen wurde noch eine Aufnahme der Himmelsgegend durch das Glas einer Platte hindurch gewonnen, sodaß auf dieser Aufnahme die Sternbilder der Finsternis- und Vergleichsgegend spiegelbildlich zu denjenigen der anderen Aufnahmen angeordnet erscheinen. Diese Platte wurde nur für den Zweck der Vermessung der übrigen Platten hergestellt und tritt selbst bei den Reduktionen nicht in Erscheinung.

Die Messungen wurden nämlich folgendermaßen ausgeführt: Die zuletzt genannte Aufnahme wurde der Reihe nach Schicht auf Schicht mit den übrigen Aufnahmen zur Deckung gebracht und die Plattenpaare fest aufeinander gepreßt. Es wurden dann in einem Meßapparat die Abstände der sich entsprechenden Sternbildchen ausgemessen. Wären die Platten alle unter absolut identischen Bedingungen gewonnen und die Lichtablenkung nicht vorhanden, so müßten sie sich alle mit der spiegelbildlich aufgenommenen Platte Stern für Stern zur Deckung bringen lassen. In Wahrheit ist dem nicht so, weil Faktoren verschiedener Art, z. B. die Refraktion des Lichtes in der Erdatmosphäre, Eigenbewegungen der Sterne in den Zwischenzeiten, der Einfluß der Aberration u. a. m. kleine Veränderungen in der Lage der Sternbilder zu einander hervorrufen. Von den gemessenen Abständen der Sterne auf der spiegelbildlichen Platte gegen eine Finsternisplatte wurden nun die entsprechenden Werte aus einer Messung gegen eine Nachtaufnahme in Abzug gebracht. Durch diese Differenzbildung fällt die durch das Glas aufgenommene Platte aus allen weiteren Rechnungen heraus. An den Differenzen ($F - N$) = Finsternisaufnahme minus Nachtaufnahme — wurden nun die oben erwähnten Faktoren wie Refraktion, Aberration, usw., welche rechnerisch genau bekannt sind, angebracht. Bei den Sternbildern der Vergleichsgegend, die sich auf jeder Platte fanden, enthielten die ($F - N$) noch den Einfluß verschiedener Orientierung der Plattenebene während der Aufnahmen zu den Hauptrichtungen am Himmel, den Einfluß des längs der Platte veränderlichen Skalenwertes, d. h. des Wertes einer Bogensekunde ausgedrückt in Millimetern auf der Platte und schließlich noch den Einfluß einer Neigung der Plattenebene zur optischen Achse des Fernrohrs. Die Astrophotographie hat zur Bestimmung dieser Einflüsse Rechenschemata ausgearbeitet, nach denen auch in diesem Falle die Messungen behandelt wurden. Man hatte nun zu erwarten, daß bei der Vergleichsgegend die schließlich übrig bleibenden Restglieder, den Charakter zufälliger Fehler haben

würden. Denn hier ist kein die Sternbilder systematisch verlagernder zusätzlicher Effekt zu erwarten. In der Tat ist die Bedingung einigermaßen erfüllt. Die Restglieder zeigen allerdings bei beiden Beobachtern, die unabhängig voneinander die Platten ausmaßen, einen gewissen systematischen Verlauf längs der Platte, der nicht aufgeklärt werden konnte (siehe Figur). Bei den Sternen der Finsternisgegend jedoch mußte auf Grund der Relativitätstheorie nach Berücksichtigung aller oben erwähnten Faktoren in den verbleibenden Restgliedern sich die Lichtablenkung in der Gestalt radial gerichteter Verlagerungen der Sternbilder offenbaren. Diese Verlagerungen der Sternbildchen auf den Finsternisaufnahmen gegenüber den Nachtaufnahmen mußten gegen den Rand der Platte umgekehrt proportional mit dem Abstände von der Sonne abfallen — wenigstens in erster Näherung — und solche Beträge haben, daß ihrem Verlauf entsprechend für einen Stern direkt am Sonnenrande eine Verlagerung von 1,74" resultieren müßte. Dieser vermutete Effekt einer Lichtablenkung tritt nun in der Tat bei allen 4 Finsternisaufnahmen so ausgesprochen hervor, daß an ihrer Existenz wohl kaum mehr gezweifelt werden

Die Übereinstimmung der Werte ist befriedigend. Daß in der letzten Zeile und Kolonne auch für die theoretisch gegebene Verlagerung ein negativer Wert erscheint, hängt mit der Art der Reduktion zusammen und hat nur nebensächliche Bedeutung. Berechnet man für jede Platte nach der Methode der kleinsten Quadrate unter der Annahme, daß die Verlagerungen der Sternbildchen gegen die Sonne umgekehrt proportional dem Abstände zunehmen, den für den Sonnenrand resultierenden Betrag der Lichtablenkung, so erhält man die in Tabelle 2 wiedergegebenen Werte:

Tabelle 2.

Platte	Sternzahl	Campbell	Sternzahl	Trümpler	Mittel
1	62	+ 1,72 ± 0,32	69	+ 1,88 ± 0,27	+ 1,80
2	77	+ 1,35 ± 0,22	81	+ 1,62 ± 0,22	+ 1,48
3	80	+ 1,78 ± 0,22	84	+ 1,91 ± 0,19	+ 1,85
4			85	+ 1,76 ± 0,22	+ 1,76
					Mittel + 1,72 ± 0,11
Wert nach der Relativitätstheorie 1,745					

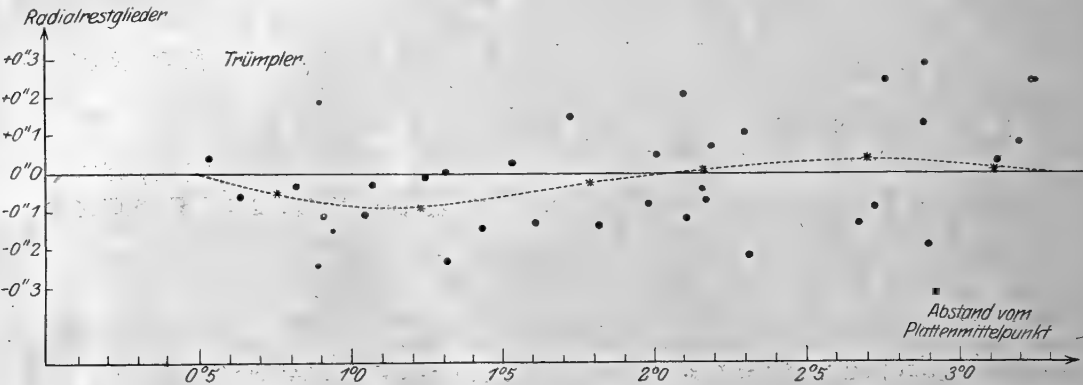


Fig. 1. Beobachtete radiale Verschiebungen der Sternscheibchen als Funktion des Abstandes vom Plattenmittelpunkt für die nächtlichen Vergleichsaufnahmen.

kann. Sie tritt noch reiner in Erscheinung, wenn man die Sterne innerhalb konzentrischer Ringe um die Sonne zu Gruppen zusammenfaßt, weil dann die noch vorhandenen zufälligen Fehler in den Restgliedern gegenüber dem bei allen Sternen einer Gruppe gleichgerichteten Lichtablenkung zurücktreten. In der folgenden Tabelle 1 sind die entsprechenden Werte nach der Veröffentlichung von Campbell-Trümpler wiedergegeben:

Tabelle 1.

Gruppe	Anzahl der Sterne	mittlerer Abstand von der Sonne	beob. radiale Verschiebung	Verschiebung nach der Rel.-Theorie
1	8	0,64	+ 0',69	+ 0',70
2	11	1,66	+ 0,46	+ 0,37
3	10	1,40	+ 0,39	+ 0,24
4	8	1,66	+ 0,22	+ 0,17
5	9	1,90	+ 0,21	+ 0,13
6	8	2,00	+ 0,17	+ 0,11
7	11	2,22	+ 0,08	+ 0,08
8	13	2,55	— 0,14	+ 0,02
9	14	2,97	— 0,08	— 0,03

Der Mittelwert aus allen vier Platten fällt genau mit dem von der Theorie vorausgesagten Wert zusammen. Doch weichen, wie man sieht, die Einzelwerte noch recht beträchtlich voneinander ab. In der Figur 2 sind die beobachteten Werte und der theoretisch gegebene Verlauf für die Lichtablenkung eingetragen. Der geknickte Linienzug zeigt den Verlauf, wie ihn die Gruppenmittel liefern. Die Streuung der Einzelwerte ist noch recht beträchtlich.

Es kann aber wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß die Beobachtungen der Expedition der Licksternwarte die Existenz einer Lichtablenkung von der Größe und auch dem Verlauf, wie sie die Relativitätstheorie vorausgesagt hat, mit größter Wahrscheinlichkeit sicherstellen. Immerhin wird es nötig sein, bei kommenden Finsternissen weiteres Material zur Prüfung dieser wichtigen Fragen zu gewinnen. Denn die zufälligen Fehler in der vorliegenden Messungsreihe sind noch ziemlich groß. Es ist auch zu hoffen, daß in späteren Fällen sich die Gelegenheit finden wird, Sterne noch näher zum Sonnenrande zu beobachten, als es auf den Platten dieser Expedition möglich war. Methodisch läßt sich gegen die Beobachtungen und Reduktionen der amerikanischen Astronomen nichts Wesentliches einwenden. Man wird sich nur bemühen

mtissen, eine größere innere Übereinstimmung der Messungen zu erreichen. Dazu wird z. B. auch gehören, daß man durch Aufkopieren eines Gitters die Schichtverzerrungen der Plattenschicht kontrolliert. Die Firma *O. Bamberg* hatte zu dem Zwecke zwei Kopiergitter von 45 X 45 cm Größe für die geplanten Beobachtungen der deutsch-holländischen Finsternisexpedition im vergangenen Jahre hergestellt. Es wird

den Verlauf der Lichtablenkung in späteren Fällen mit noch größerer Sicherheit festzulegen.

Die von der Lick-Sternwarte gewonnenen Resultate stellen aber einen entscheidenden Fortschritt in der Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie dar. Während die Beobachtungen der englischen Expeditionen im Jahre 1919 die Existenz einer Lichtablenkung nur wahrscheinlich machten, erheben die Beobachtungen der

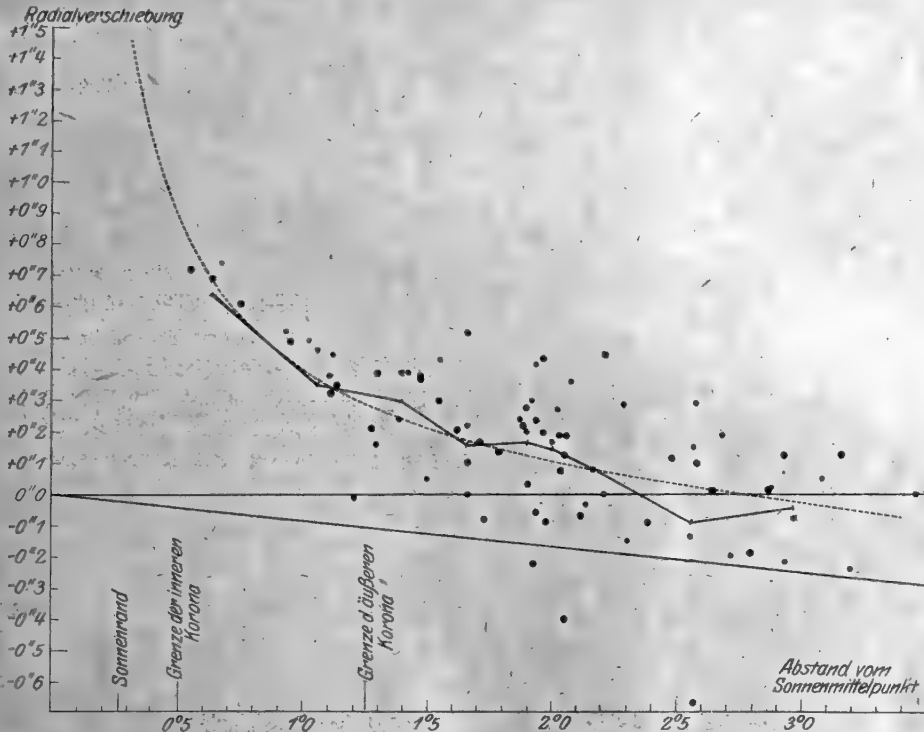


Fig. 2. Beobachtete radiale Verschiebungen der Sternscheibchen als Funktion des Winkelabstandes der Sterne von der Sonne für die Finsternisgegend. Die punktierte Linie zeigt den Verlauf der Lichtablenkung nach der Relativitätstheorie. Der gebrochene Kurvenzug verbindet die Werte für die mittleren radialen Verschiebungen der zu Gruppen zusammengefaßten Sterne.

ferner ratsam sein, das Pointieren während der Expositionen noch sorgfältiger vorzunehmen und Instrumentalfehler, wie z. B. die Neigung des Lotes auf die Plattenebene gegen die optische Achse für jede Platte nach der Entwicklung und Trocknung durch erneutes Einlegen in die Kassette experimentell zu bestimmen und nicht nur aus einer Ausgleichung rechnerisch abzuleiten. Vielleicht wird es dann gelingen,

Expedition der Licksternwarte sie wohl zur Gewißheit. Auch darüber, daß die Größe und der Verlauf dieser Lichtablenkung den von der Relativitätstheorie gegebenen Werten entsprechen, kann kaum noch ein Zweifel bestehen. Von jetzt ab handelt es sich im wesentlichen noch um eine Wiederholung und Verfeinerung dieser wichtigen Beobachtung.

E. Freundlich.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Elektronenrückstoß bei der Zerstreuung der Röntgenstrahlen und Lichtquantenhypothese.

Eine vor kurzem von A. H. Compton¹⁾ entdeckte, höchst interessante Erscheinung besteht darin, daß monochromatische Röntgenstrahlen bei der Zerstreuung eine Zunahme der Wellenlänge erfahren, welche um so beträchtlicher ist, je größer der Streuwinkel. Die Theorie der Erscheinung, welche unabhängig und im wesentlichen übereinstimmend von Debye²⁾ und von Compton selbst auf der Grundlage der Lichtquantenhypothese gegeben wurde, ist überraschend einfach: das primäre

Strahlungsquant macht mit dem streuenden Elektron einen Stoßprozeß durch, bei welchem es einen Teil seiner Energie E auf das Elektron überträgt; der Energieabnahme des Quants entspricht eine Abnahme der Frequenz ν gemäß der invarianten Beziehung $E = h\nu$. Vom Verfasser wurde schon bei früherer Gelegenheit der Standpunkt geltend gemacht³⁾, daß Lichtquanten verschiedener Frequenz sich nur durch ihre kinetische Energie unterscheiden; diese Auffassung macht offenbar den Vorgang der Röntgenstrahlenstreuung besonders anschaulich und erfährt durch ihn in gewissem Sinne eine Bestätigung.

¹⁾ Phys. Rev. 19, 267, 1922; 21, 207 u. 715, 1923.

²⁾ P. Debye, Phys. Zschr. 24, 161, 1923.

³⁾ Zschr. f. Phys. 17, 150, 1923.

Wie sich n  mmer herausgestellt hat, steht der Comptoneffekt in engster Beziehung zu einer anderen, vom Schreiber dieses gemachten Beobachtung⁴⁾. Diese besteht darin, daß Röntgenstrahlung von genügender Härte in Gasen (untersucht wurden damals Luft und H₂) außer den bekannten photoelektrischen Kathodenstrahlen, welche der Einsteinschen $h\nu$ -Beziehung genügen, noch eine Sekundärstrahlung kurzer Reichweite erregt. Diese neuen Sekundärstrahlen sind, wie weitere Versuche zeigten, als die von der Debye-Comptonschen Theorie geforderten Rückstoßelektronen anzusprechen. Während der erste Nachweis dieser Strahlen mittels der Wilsonschen Nebelmethode gelang, wurden die genaueren Messungen nach der Ionisationsmethode ausgef  hrt⁵⁾. Das benutzte Prinzip war folgendes: durchsetzt ein enges R  ntgenb  ndel den Raum zwischen den Platten eines Kondensators, und nimmt man die erzeugte Ionisation als Funktion des Gasdruckes im Kondensator auf, so muß die erhaltene Kurve einen Knick bei demjenigen Druck aufweisen, bei welchem die im Gase erzeugten Sekundärstrahlen gerade die Kondensatorplatten erreichen. Die auf diese Weise bestimmten Transversalkomponenten der Reichweite der kurzen Sekundärstrahlen sind im Einklang mit der Debye-Comptonschen Theorie, während z. B. die Scheitelspannung am Röntgenrohr von 72 auf 36 kV gesteigert wurde, nahm die transversale Reichweite von 0,07 auf 0,33 mm zu, umgerechnet auf Luft von normaler Dichte, dies entspricht einer Geschwindigkeit von 4,7 auf 6,7 · 10⁹ cm/sec. Mit zunehmendem Atomgewicht des Sekund  rstrahlers (H₂, Paraffin, He, Graphit, Luft, Al) nimmt die Geschwindigkeit ab, was sich qualitativ aus der zunehmenden mittleren Austrittsarbeit der Atomelektronen erklärt. Magnetische Ablenkungsversuche zeigen, daß die Strahlen in der Tat aus Elektronen bestehen.

Die völlige Absorption eines Lichtquants unter Auslösung eines Photoelektrons und die Ablenkung mit Elektronenrückstoß sind zwei prinzipiell verschiedene Au erungen der Quantenstruktur der Strahlung, und es entsteht die Frage in welcher Beziehung sie zueinander stehen. Ein formaler Gesichtspunkt hierzu sei kurz angedeutet.

Die Geschwindigkeitsverteilung $p\mathfrak{G}$ unter den Molekülen eines idealen Gases mit Berücksichtigung der Massenveränderlichkeit ist gegeben durch ein Gesetz von der Form:

$$p\mathfrak{G} = p_0 e^{-\frac{\epsilon}{kT}} d\mathfrak{G}_x d\mathfrak{G}_y d\mathfrak{G}_z$$

wo \mathfrak{G} der Impulsvektor und ϵ die Energie der Molekel ist⁶⁾. Für die ruhende Molekel sei:

$$\epsilon = \epsilon_0 = h\nu_0$$

wo ν_0 eine in den Eigenschaften der Molekel irgendwie begründete Frequenz bedeute; dann gilt allgemein für eine mit der Geschwindigkeit βc (c = Lichtgeschwindigkeit) bewegte Molekel:

$$\epsilon = \frac{h\nu_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = h\nu$$

wo ν die ebenfalls nach der bekannten Formel für die Zeit transformierte Frequenz bedeutet, ferner:

$$\mathfrak{G} = \frac{h\nu}{c} \beta$$

Fr  gt man nun nach der relativen Zahl der Molekülen, deren Impuls dem absoluten Betrage nach in dem Bereich $d\mathfrak{G}$ liegt, so ist diese:

$$\begin{aligned} p\mathfrak{G} &= p_0 e^{-\frac{\epsilon}{kT}} 4\pi \mathfrak{G}^2 d\mathfrak{G} \\ &= p_0 e^{-\frac{h\nu}{kT}} 4\pi \left(\frac{h}{c}\right)^3 (\beta\nu)^2 d(\beta\nu) \end{aligned}$$

Nehmen wir jetzt ν_0 als sehr klein gegen kT/h an, so haben alle Molekülen bis auf einen verschwindenden Bruchteil Geschwindigkeiten, welche nur sehr wenig unter der Lichtgeschwindigkeit liegen. Setzen wir dementsprechend $\beta = \text{const.} - 1$, so wird:

$$p\mathfrak{G} = \text{const.} \nu^2 e^{-\frac{h\nu}{kT}} d\nu$$

woraus sich die relative Energie der in dem betrachteten Impuls- bzw. Schwingungszahlenbereich liegenden Molekülen durch Multiplikation mit $h\nu$ ergibt zu:

$$\text{const.} \nu^3 e^{-\frac{h\nu}{kT}} d\nu$$

das ist das Wiensche Strahlungsgesetz⁷⁾.

Weiter konnte Verfasser in einer demnächst in der Zschr. f. Phys. erscheinenden Notiz zeigen, daß die Einsteinsche Form der Strahlungstheorie, welche neuerdings vielfach mit Erfolg als Grundlage theoretischer Untersuchungen benutzt wurde, notwendig zur Annahme von Energiekomplexen (Quantenmultiplen) in der Strahlung führt, welche ein Vielfaches von $h\nu$ betragen, d. h. die „Strahlungsmolekel“ verhält sich wie eine materielle Molekel, welche diskreter Energiestufen $n h\nu$ fähig ist. Für die Gesamtheit aller Molekülen, welche sich auf einer bestimmten Energiestufe befinden, gilt stets das Wiensche Strahlungsgesetz, und die Verteilung der Molekülen auf die verschiedenen Energiestufen ist derart, daß in der Summe das Plancksche Strahlungsgesetz gilt.

Es zeigt sich somit, daß die Hohlraumstrahlung sehr weitgehende Analogien mit einem idealen Gas aufweist, welches aus Bohrschen Molekülen besteht. Sie läßt sich darstellen als Grenzfall eines solchen Gases, indem man die Ruhemasse und Ruheenergie der Molekel für jede Energiestufe verschwindend klein werden läßt.

Betrachten wir aus diesem Gesichtspunkt die in Frage stehenden beiden Elementarprozesse, so stellt die „Absorption“ eines Quants mit Photoemission einen Quantensprung der Strahlungsmolekel in den nächst niedrigen Zustand dar, wobei die freiwerdende Energie auf das Elektron übertragen wird. Es fällt nicht schwer, in diesem Vorgang die Analogie zu den „Stößen zweiter Art“ zwischen angeregten Gasmolekülen und Elektronen zu erblicken. Dagegen stellt sich die „Zerstreuung“ der Strahlung mit Elektronenrückstoß als „elastischer Stoß“ zwischen Strahlungsmolekel und Elektron dar.

W. Bothe.

Berlin, den 9. November 1923.

⁴⁾ Zschr. f. Phys. 16, 319, 1923.

⁵⁾ Die Arbeit erscheint demnächst in der Zschr. f. Phys.

⁶⁾ W. Pauli, Enz. d. math. Wiss. V 2, S. 697.

⁷⁾ Auch die const. läßt sich berechnen (L. de Broglie Journ. d. Phys. 3, 422, 1922; Ann. b. d. Korrr.).

Zoologische Mitteilungen.

  ber die Verdauung von Hydra. In den Verhandlungen d. Zoolog. botan. Ges. in Wien, 73. Bd. 1923, macht K. v. Frisch (Breslau) soeben sehr interessante Mitteilungen über dieses Thema. Es stellte sich, wie so

oft, heraus, daß das, was man über die Verdauung dieses in jedem zoologischen Institut fast alltäglich gebrauchten Tieres zu wissen glaubte, jeder exakten Unterlagen entbehrte. v. Frisch bearbeitete daher diese

Frage von Grund aus und kam zu folgenden Ergebnissen. Während die Protozoen ausschließlich intrazellulär verdauen, findet man bei den Nesseltieren, zu denen Hydra gehört, bereits extrazelluläre Verdauung. Zunächst wurde untersucht, ob die Entodermzellen von Hydra zur Phagocytose befähigt sind. Er verfütterte zu dem Zweck Kienruß, der völlig unlöslich ist, denn nur so war die Frage mit Sicherheit zu entscheiden, der in Gelatine verrührt war. Um diese Bissen der Hydra schmackhaft zu machen, wurden die Gelatinebröckchen mit Preßsaft von Daphnien befeuchtet. In dieser Beschaffenheit fraßen die Hydran die Bissen sehr gierig. Kurz nach der Fütterung waren in den Entodermzellen, in Vakuolen eingeschlossen, die Rußpartikel zu finden. Die Entodermzellen sind also zur Phagocytose befähigt. Die Gelatinebröckchen wurden aber auch durch ein im Gastralraum vorhandenes, eiweißspaltendes Ferment verflüssigt, wie sich weiterhin ergab. Auch Fibrinbröckchen und koagulierte Hühnereiweiß wurde zum Zerfall gebracht. Entsprechende Kontrollversuche ergaben, daß tatsächlich bei Hydra ein extrazellulär wirksames, proteolytisch wirksames Ferment abgeschieden wird. Die Verdauung von Hydra geht demnach wie folgt vor sich: es findet eine extrazelluläre Vorverdauung statt, die mit Hilfe des proteolytischen Fermentes eingeleitet wird. Bei der Resorption der zerbröckelten Nahrungskörper spielt aber auch Phagocytose eine große Rolle, z. B. werden Fetttropfen anscheinend unverändert phagocytiert. Wenigstens konnte ein fettspaltendes Ferment im Gastralraum bis jetzt nicht nachgewiesen werden. Es werden ferner Eiweißbröckchen, sobald es ihre Größe gestattet, phagocytiert und gleichzeitig findet eine Aufnahme bereits gelösten Eiweißes statt. Es sind also beide Möglichkeiten für die Aufnahme von Eiweißkörpern bei Hydra verwirklicht. Durch sehr sinnreich ausgestaltete Versuche erbrachte v. Frisch den Beweis. Weiter finden sich in der Arbeit noch Angaben über die Rolle der Vakuolen bei der Verdauung. Eine ausführliche Arbeit über das Thema wird angekündigt.

Ein Zwergwels, der kommt, wenn man ihm pfeift. Sprachlich ist der Titel wenig schön! Um so bemerkenswerter sind die Beobachtungen, welche in dieser Arbeit v. Frisch (Breslau) mitteilt (Biolog. Zentralblatt 43. Bd., H. 3, 1923). Die Frage, ob die Fische hören, ist noch heute stark umstritten. Zum Nachweis des Hörvermögens muß nach dem Verfasser der Beweis erbracht werden einmal, daß die Fische auf Schallreize reagieren, und zweitens, daß die Reaktion durch das Labyrinth vermittelt wird. v. Frisch experimentierte mit Zwergwelsen (Amiurus nebulosus, Raf.), einer Art, die schon H. N. Maier zu seinen Untersuchungen verwendet hatte. Verfasser versuchte diesen Fisch auf Töne zu dressieren. Er stellte Versuchsbedingungen her, unter denen ein zunächst belangloser Ton für den Fisch von Bedeutung wurde, d. h. Verfasser wendete sogenannte „biologische Schallreize“ an. Um optische Reize vollkommen auszuschalten, wurden vor dem Versuche den Tieren die Augen extirpiert. Dann begann der Versuch. Bei jeder Fütterung, d. h. kurz vorher, wurde ein Pfiff in mittlerer Lage ausgestoßen. Bereits am 6. Tage reagierte ein Tier deutlich, es kam aus seinem Versteck (eine Tonröhre), in dem es gewöhnlich lag, hervor. Dreißigmal wurde, an jedem Tage einmal, der Versuch wiederholt. Jedesmal kam der Fisch hervor; das Verlassen der Röhre dauerte im Durchschnitt nur 4,8 Sekunden. Nach dem Hervorkommen erhielt der Wels sein Futter (rohes Fleisch) auf einem Glasstäbchen gereicht. In 30 Versuchen, nach dem

sechsten Dressurtage, versagte das Tier kein einziges Mal. Nachdem der Versuch auch vor einwandfreien Zeugen ausgeführt worden war, dressierte v. Frisch einen zweiten Wels mit demselben Erfolg. Nur gelang hier die Dressur erst einwandfrei am 25. Versuchstage, sie versagte dann aber nicht mehr. Nach seinen Versuchen schließt v. Frisch, daß die Frage, ob die Fische hören, auch damit noch nicht entschieden ist, denn die Reaktion kann auch auf einem hochentwickelten Tastsinn beruhen wie auf vollem Gehör. Sicher ist aber eines: daß die Zwergwelse auf Töne reagieren. Verfasser glaubt, daß mit der Dressur auf Töne in Verbindung mit einer entsprechenden Operationstechnik, eine Methode gefunden ist, die eine reallose Klärung der Frage nach dem Hören der Fische ermöglicht. Über die Ergebnisse seiner diebezüglichen Arbeiten will er später berichten.

Albrecht Hass.

Kopftransplantation an Insekten. W. Finkler, (Woch. f. mikr. Anat. u. Entw. Mech. 29. 1. 1923). Die Ergebnisse dieser jetzt in drei Teilen erschienenen Arbeit waren bereits aus früher publizierten vorläufigen Mitteilungen bekannt. Finkler führte an einer Reihe von Insekten Kopftransplantationen aus, indem er sich einer sehr einfachen, „autophoren Methode“ bediente. Die Köpfe wurden durch einen Scherenschnitt vom Rumpf getrennt und einem anderen Tier in die Gelenkplanne des ebenfalls herausgenommenen Kopfes eingesetzt. Irgendwelche Befestigungsmittel waren dabei überflüssig, da das Blut einen guten Wundverschluß herstellt. Benutzt wurden für die Untersuchungen Hydrophilus piceus und Dytiscus marginalis, Notonecta-Arten, Imago und Larve von Dixa pus morosus, Larven von Tenebrio molitor und Puppen von Vanessa io und V. urticae. Die Funktionsfähigkeit transplanterter Köpfe wurde bewiesen durch wieder hergestellte normale Geh- und Schwimmbewegungen, durch die Aufnahme von Nahrung und durch Defäkation.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden die Köpfe von Hydrophilus ♂♂ und ♀♀ vertauscht, um den Einfluß der Gehirnganglien auf die Geschlechtsfunktionen festzustellen. Um die Möglichkeit von Täuschungen auszuschließen, wurden die normalen Begattungsvorgänge genau beobachtet und einzelne Bewegungen als typisch im Verhalten der beiden Geschlechter zueinander festgestellt. Zu dem gleichen Zwecke wurde auch festgestellt, daß die ♂♂ untereinander keine Begattungsversuche machen, was bei anderen Käferarten beschrieben wurde. Unter diesen Kautelen wurde einwandfrei beobachtet, daß 1. ein normales ♂ mit einem ♀ mit ♀-Kopf keine Kopulationsversuche machte, 2. daß ein normales ♂ ein ♀ mit ♂-Kopf zu begatten versuchte, wobei aber das ♀ nicht die typische weibliche Begattungsstellung der Beine einnahm, 3. daß ein normales ♀ und ein ♂ mit ♀-Kopf sich gegenseitig gleichgültig verhielten, und 4. daß ein ♀ mit ♂-Kopf an einem normalen ♀ unter typischen männlichen Bewegungen Begattungsversuche ausführte. Andere Kombinationen dienten noch zur Sicherung dieser Ergebnisse. Mithin ist also „für das aktive Geschlechtsleben der Kopf bestimmend“.

Im letzten Teil dieser Untersuchungen wurde der Einfluß des transplanterten Kopfes auf die Farbe des Körpers geprüft mit folgenden Ergebnissen: Bei Transplantation eines Hydrophiluskopfes auf einen Dytiscuskörper verschwindet der gelbe Rand des Dytiscus und die Farbe des Chitins schlägt von einem glänzenden Braun in ein mattes Schwarz um. (Hydrophilus ist schwarz gefärbt!) Umgekehrter Austausch der Köpfe

hatte keine Wirkung auf die Farbe. Bei Austausch der Köpfe der Wasserwanzen *Notonecta glauca* (hell) und *marmorea* (pigmentiert) zeigte sich keine Farbveränderung des glauca-Körpers. Wurden nun die hellen Flügeldecken der *N. glauca* einer zweimonatigen Beleuchtung ausgesetzt, so pigmentierten sich diese nach Art der *marmorea*-Form. Der Kopf einer in dieser Weise künstlich pigmentierten glauca rief jetzt, auf einen unbehandelten glauca-Körper verpflanzt, dort die gleiche Pigmentation hervor. Bei Austausch der Köpfe zwischen grünen, braunen und schwarzen Farbmodifikationen von *Dixippus morosus* zeigte sich ebenfalls, daß der Kopf die Farbe des Körpers beeinflusst. Das Gleiche trat beim Austausch der Vorderenden von braunen und gelben Exemplaren des Mehlwurms ein. Bei Austausch der Kopfteile heller und dunkler Puppen von *Vanessa io* und *V. urticae* wurde der Puppenkörper nur teilweise wie der transplantierte Kopf gefärbt. Die Köpfe der Goldpuppen von *V. urticae* riefen jedoch an matten Puppen keinen Metallglanz hervor, dagegen beseitigte ein matter Kopfteil den Metallglanz der Goldpuppen. Alle Versuche (mit Ausnahme des einen) zeigen aber deutlich, daß die Körperfarbe vom Kopf bzw. — worauf u. a. Blendungsversuche hindeuten — von den Augen des Tieres stark beeinflusst wird.

Über den physikalischen Zustand von Plasma und Zelle der *Opalina ranarum* (Purk. et Val.). (*J. Spek Arch. f. Protistenkunde* 46, 2, 1923.) Die vorliegende Arbeit Speks schließt sich eng an einige seiner früheren Arbeiten an, in denen er die Auffassung verfocht, daß die Aufnahme von Wasser und Salzen in die lebende Zelle vorwiegend durch kolloidale Zustandsänderungen der Zellmembranen und des Plasmas, die wiederum direkt auf die Einwirkungen des umgebenden Mediums zurückzuführen waren, bedingt sei. Dieser Ansicht standen neue Versuche *J. Loeb*s entgegen, der die Wasseraufnahme der Zellen auf elektroosmotische Vorgänge zurückzuführen bemüht war. Nach dieser, aus Modellversuchen mit Kollodiumsäckchen abgeleiteten Ansicht sollte das Wasser in den Membranporen elektrisch geladen werden, als positive Partikel durch die Membran durchgehen und von den im Innern der Zelle befindlichen Anionen angezogen werden. Diese Auffassung konnte *Spek* durch den Nachweis entkräften, daß die Wasseraufnahme der Zelle auch noch durch eine Reihe anderer Faktoren bewirkt werden kann, die gleichzeitig auch die Osmose beeinflussen. Wenn z. B. osmotisch gut wirksame Salze gleichzeitig durch Verdichtung oder Auflockerung der Zellmembranen den Wasseraustritt erschweren oder erleichtern, so läßt sich mit ihnen ein strikter Beweis für das Vorhandensein osmotischer Vorgänge nicht führen. *Loeb*s eigene Modellversuche gelangen stets nur 20 Minuten lang, da dann die Salze in die Kollodiumsäckchen eindringen, worauf die elektroosmotischen Erscheinungen aufhörten. Schon diese Tatsache dürfte den Wirkungsbereich der Elektroosmose bei lebenden Zellen zum mindesten sehr beschränken.

Opalina ranarum, ein im Enddarm des Frosches lebendes Infusor, erwies sich als sehr geeignet für osmotische Versuche, da sie bei Salzzusätzen zur Kulturflüssigkeit relativ große und meßbare Volumenveränderungen zeigt. Die Tiere wurden in innerhalb der physiologischen Konzentration verschiedener starke Lösungen reiner und gemischter Salze gebracht, wobei sich als wesentliches Ergebnis zeigte, daß auch in

isosmotischen Lösungen verschiedener Salze das Volumen von Opalinen gleicher Herkunft und gleicher Größe sehr verschieden ausfallen kann, daß in manchen Lösungen die Werte ganz außerordentlich von der Kontrolle abweichen und daß die extremen Werte der Breiten- und bisweilen auch der Längendurchmesser sich wie 1 : 2, ja in der Dicke der Tiere sogar wie 1 : 7 verhalten können. Die stark fällenden Salze verdichten die Zelloberfläche so, daß ihr Eindringen sehr erschwert wird. Gegen das stark fällende CaCl_2 erwies sich *Opalina* als sehr empfindlich. Relativ geringe Dosen riefen im Plasma durch zu starke Fällungswirkung eine tiefbraune letale Koagulation hervor, und nur in ganz außerordentlicher Verdünnung dichtet Ca in Gegenwart anderer Salze die Zelloberfläche gerade richtig ab. Minder stark fällende Salze dichten zunächst die Oberfläche ab, was sich durch das Klarbleiben des Plasmas kundgibt. Erst nach einiger Zeit zeigt eine diffuse Trübung das Eindringen der Salze in die Zelle an. Die schwach fällenden Salze wie Kalisalze und z. T. MgCl_2 bringen nach kurzer Zeit eine feine Trübung des Plasmas hervor, sie dringen also schnell in die Zelle ein. Bei Kombination zweier Salze zeigten sich antagonistische Wirkungen insofern, als sie ihre fällende Wirkung gegenseitig steigerten. *Spek* hält es für möglich, daß diese Wirkung durch das Auftreten zweier verschieden starker Ausfällungen zustande kommt, deren eine, feinere, die „Lücken“ der anderen, größeren, ausfüllt. Außerordentlich stark quellend wirken die Kaliumsalze, deren Wirkung durch die Anionen in folgender Reihe beeinflusst wird: $\text{SCN} > \text{Br} > \text{Cl} > \text{SO}_4$. Dabei ist im Hinblick auf die Annahme osmotischer Erscheinungen zu beachten, daß sehr große Volumendifferenzen (z. T. doppelte Größe) bei isomolekularen Salzreihen auftreten. Versuche mit relativ indifferenten Salzen wie NaCl zeigten, daß selbst bei bedeutenden Konzentrationsdifferenzen die Tiere nur minimal ihr Volumen änderten. Der Nachweis, daß kolloidale Fällungs- und Quellungsprozesse mindestens die osmotischen Vorgänge überwiegen, ist also erbracht.

Ein anderer Abschnitt der Arbeit behandelt die Plasmastruktur der Opalinen und ihre physiologische Veränderlichkeit. Es gelang *Spek*, durch verschiedene Salzzusätze zu den Kulturflüssigkeiten die Struktur des Plasmas so zu verändern, daß relativ große Tröpfchen im ultramikroskopischen und auch im mikroskopischen Bild leicht erkennbar wurden. Zahlreiche nicht quellende Salze, wie Sulfate mit Ausnahme von K_2SO_4 , MgCl_2 und gemischte Salzlösungen, denen noch außerdem NaHCO_3 zugesetzt war, riefen eine so grobe Emulsionsstruktur des Plasmas hervor, daß die zu großen Blasen ineinander geplatzen Tröpfchen selbst bei schwächerer Vergrößerung sichtbar wurden. Diese Experimente zeigten, daß auch die normale Struktur des Opalinenplasmas, die an oder unter der Sichtbarkeitsgrenze steht, Emulsionscharakter hat, denn die Sichtbarmachung desselben beruht nicht auf einer Strukturänderung, sondern auf dem Ineinanderplatzen schon vorhandener, aber nicht oder kaum sichtbarer Tröpfchen. Es handelt sich also bei der Vergrößerung um eine Dispersitätsverminderung der Plasmaemulsion. Das emulsoide Plasma scheint überhaupt nach *Spek*s Beobachtungen weitaus häufiger zu sein als Plasma mit Schaumstruktur. Es wurde also hier durch die salzphysiologische Methode neues Licht in das alte Strukturproblem gebracht.

K. Baldus.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in **Würzburg**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 50. (Seite 969—984)

14. Dezember 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Die Digitalis und ihre therapeutische Anwendung.
Von *Ernst Edens, St. Blasien.* S. 969.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung: Historische Geologie. Von *E. Wepfer, Freiburg i. Br.* (Fortsetzung.) S. 971.

Besprechungen:

Ungerer, Emil, Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie. Von *Max Hartmann, Berlin-Dahlem.* S. 975.

Dürken, Bernhard, Allgemeine Abstammungslehre. Zugleich eine gemeinverständliche Kritik des Darwinismus und des Lamarckismus. Von *Hans Nachtsheim, Berlin-Dahlem.* S. 977.

Uhlmann, Eduard, Entwicklungsgedanke und Artbegriff in ihrer geschichtlichen Entstehung und sachlichen Beziehung. Von *Kurt Lewin, Berlin.* S. 978.

Haecker, Valentin, Über unkehrbare Prozesse in der organischen Welt. Von *F. Pinkus, Berlin.* S. 979.

Hoffmann, Hermann, Vererbung und Seelenleben. Von *W. Landauer, Heidelberg.* S. 979.

Scheidt, Walter, Einführung in die naturwissenschaftliche Familienkunde. Von *Ernst Rüdin, München.* S. 980.

Stomps, Th. J., Erbllichkeit und Chromosomen. Von *Hans Nachtsheim, Berlin-Dahlem.* S. 981.

Mitteilungen aus verschied. Gebieten. S. 981—984.

Kältewellen, Northers und Blizzards in Nordamerika. Expeditionen til Vestgrönland Sommeren 1922. (Mit 1 Abbildung.) Der Salzgehalt des Toten Meeres und des Jordanflusses.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Isostasie und Schweremessung

Ihre Bedeutung für geologische Vorgänge

von

Dr. A. Born

a. o. Professor der Geologie an der Universität Frankfurt a. M.

Mit 31 Abbildungen. (IV, 160 S.)

9 Goldmark / Für das Ausland 2,20 Dollar

Inhaltsübersicht:

Die Lehre von der Isostasie — Die Voraussetzungen — Die Schweremessung — Der heutige Gleichgewichtszustand der Erdkruste — Pseudo-Anisostasien — Theoretische Erörterungen zum Ablauf isostatischer Vorgänge — Isostasie und Orogenese — Diluviale Vereisung und Isostasie — Sedimentation und Abtragung — Die ozeanischen Vulkaninseln — Isostasie und Erdbeben — Lokale und regionale Kompensation — Isostasie und Großformen der Erde — Nachtrag.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das **Inland** 2,50 Goldmark. Einzelnummer 0,80 Goldmark zuzüglich Porto.

Für das **Ausland** vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-
Konten

für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

Die Digitalis und ihre therapeutische Anwendung

Im Auftrage des Niederländischen Reichsinstitutes für pharmakotherapeutische Untersuchungen
bearbeitet von

Dr. **U. G. Bijlsma**, Prof. Dr. **A. A. Hijmans van den Bergh**
Prof. Dr. **R. Magnus**, Dr. **J. S. Meulenhoff**, Dr. **M. J. Roessingh**

Autorisierte deutsche Übersetzung von

Professor Dr. **P. Neukirch**

Mit 32 Abbildungen und einem Bildnis. (VIII, 119 S.)

5,60 Goldmark — Fürs Ausland 1,35 Dollar

Verkehrsstelle für den Austausch wissenschaftlicher Bücher

In der **Preussischen Staatsbibliothek**, Eingang Charlottenstraße 39, befindet sich eine **Verkehrsstelle für den Austausch wissenschaftlicher Bücher**.

Zum Tausch werden zugelassen heute noch brauchbare Werke der wissenschaftlichen Literatur und Bücher der schönen Literatur, die vor 1800 erschienen sind.

Der Einlieferer eines Buches erhält einen auf Grundpreis (Friedenspreis) lautenden Gutschein, für vollwertige Bücher in der Höhe des Ladenpreises (in Grundzahl oder Friedenspreis), in veralteter Auflage oder in sehr schlechtem Zustand mit entsprechendem Abzug. Die Schätzung erfolgt durch wissenschaftliche Beamte.

Für den Gutschein kann der Einlieferer andere Bücher des Lagers erwerben, deren Grundpreis den Wert des Gutscheines nicht übersteigt. Erwerbung gegen Barzahlung ist ausgeschlossen. Bei einem Einkauf unter dem Wert des Gutscheines erhält der Einlieferer für den Restbetrag einen neuen Gutschein. Gebühren werden an der Verkehrsstelle nicht erhoben. Sie ist geöffnet: Sonnabend, 4—7 Uhr nachmittag.

Die Digitalis und ihre therapeutische Anwendung.

Von Ernst Edens, St. Blasien.

„Die Digitalis und ihre therapeutische Anwendung“ bildet den Inhalt eines Büchleins von 119 Seiten, das die holländischen Ärzte und Forscher *Bijlsma, Hijmans van den Bergh, Magnus, Meulenhoff* und *Roessingh* im Auftrage des niederländischen Reichsinstitutes für pharmakotherapeutische Untersuchungen geschrieben haben¹⁾. Die Arbeit verdient unsere Aufmerksamkeit nicht nur wegen des interessanten Gegenstandes, den sie behandelt, sondern auch wegen der Art, wie sie entstanden ist. Im Jahre 1920 wurde auf Ersuchen der niederländischen Regierung ein „Rijks-Instituut voor pharmacotherapeutisch onderzoek“ gegründet. Der Vorstand wird von 7 ordentlichen und 14 außerordentlichen Mitgliedern gebildet und von Klinikern, Pharmakologen, Bakteriologen, Apothekern unterstützt, die unter Leitung eines Vorstandsmitgliedes in den vorhandenen Kliniken oder Laboratorien arbeiten. Also gewissermaßen ein Institut ohne Institut, ohne eigene Gebäude, ohne kostspielige Organisation. Zunächst beschränkte sich das Institut darauf, Arznei- und Geheimmittel untersuchen zu lassen und die Ergebnisse in der Form von Mitteilungen allen holländischen Ärzten und Apothekern zu übermitteln. Dann aber ließ das Institut auch über besonders wichtige Arzneimitteln zusammenfassende Arbeiten erscheinen, in denen das für die Praxis Wissenswerte dargestellt wird. Wie ernst diese Aufgabe genommen wurde, zeigt die vorliegende Bearbeitung der Digitalis. Fünf erfahrene Fachleute, Theoretiker und Praktiker sind berufen worden, um das kleine Buch zu schreiben, und zwar nicht etwa so, daß der eine dies, der andere jenes Kapitel bringt, sondern sie zeichnen gemeinsam verantwortlich für die Veröffentlichung. Damit werden in vorbildlicher Form Theorie und Praxis, die Ergebnisse des Tierversuches und die Erfahrungen am kranken Menschen miteinander verschmolzen, die lang-ersehnte Brücke zwischen Laboratorium und Krankenbett in glücklicher, harmonischer Konstruktion geschlagen.

Daß nun die Digitalis an erster Stelle auf die Liste gesetzt wurde, ist kein Zufall — ist sie doch eins unserer wirksamsten Mittel, das besonders häufig angewandt, eingehend studiert, dabei

schwierig zu beurteilen und zu handhaben ist und immer noch genügend ungeklärte Fragen bietet, um das Interesse zu fesseln.

Die älteste Kunde vom Fingerhut stammt aus Irland, das vielleicht als Stammland der Pflanze anzusehen ist; die Digitalis wurde hier etwa seit dem Jahre 1000 als äußeres Heilmittel gegen Kopfschmerz, Schwellungen, Beulen, Abszesse und Lähmungen gebraucht²⁾. Die erste genauere Beschreibung mit einer für die damalige Zeit guten Abbildung gibt *Leonard Fuchs* in seinem New Kräuterbuch (1543); von ihm stammt auch der lateinische Name *Digitalis purpurea*. Über die Wirkung sagt er unter anderm: „die Fingerhutkreutter gesotten und getrunken, zerteylen die grobe feuchtigkeit, seubern und reynigen, nemen hinweg die verstopfung der leber und anderer inwendigen glider“. Nachdem schon *Erasmus Darwin* 1780 auf die wassertreibende Wirkung der Digitalis hingewiesen hatte, erschien 1785 die berühmte, auf zehnjährige Beobachtungen gestützte Abhandlung *Witherings* *An account of the fox glove and some of its medical uses; with practical remarks on dropsy and other diseases*. Es ist von hohem Reiz, zu sehen, wie er allmählich in die verwickelte Wirkung des Mittels eindringt und schließlich zu einer Vorschrift gelangt, die man auch heute noch gelten lassen kann. Dabei ist sich *Withering* klar darüber, daß die aus der Erfahrung am Krankenbett gewonnenen Regeln nur ein Schritt auf dem Wege der Erkenntnis sind und als weiteres Ziel die chemische Erforschung des Mittels anzustreben ist. Aber — es ist nur zu bedauern, daß wir bisher nur so kleine Fortschritte in der chemischen Untersuchung tierischer und aus dem Pflanzenreich genommener Substanzen gemacht haben“.

In den einundehnhalf Jahrhunderten, die nun bald seit der Arbeit *Witherings* verstrichen sind, hat man sich redlich bemüht, die Chemie der Digitaliskörper aufzuklären. Nach mancherlei Irrungen und Verwirrungen, die im einzelnen hier nicht wiedergegeben werden sollen, wissen wir heute, daß in den Digitalisblättern ein in Wasser sehr schwer, in Alkohol leicht lösliches kristallisierendes Glukosid enthalten ist, das Digitoxin oder Digitaline cristallisé, und ferner ein leicht in Wasser lösliches, mit Chloroform ausschüttelbares, bei Erwärmung unter Bildung unlöslicher

¹⁾ Die deutsche Übersetzung ist von *Neukirch* besorgt. Sie ist ausgezeichnet gelungen und liest sich wie ein Original. (Berlin, Julius Springer, 1923. IV, 119 S., 32 Abbild. und 1 Bildnis. Preis 5.60 Goldmark.)

²⁾ *Stenius*, Die Geschichte der Digitalis purpurea. J. D., Leipzig 1916.

Kristalle in seiner Wirksamkeit stark zurückgehendes Glukosid: das Gitalin. Der nach dem Ausschütteln mit Chloroform im Kaltextrakt bleibende Rest wird von W. Straub als Digitaletin bezeichnet. Für die Praxis ist damit allerdings noch nicht allzu viel gewonnen. Das Digitoxin hat sich nicht einzubürgern vermocht, weil u. a. die therapeutische und toxische Gabe dicht beieinander liegen und infolge der starken Kumulation des Mittels die Gefahr von Vergiftungen naheliegt; das Gitalin, unter dem Namen Verodigen im Handel, ist noch neu. Die Ärzte wenden infolgedessen vorwiegend die folia Digitalis als Infus, Pulver oder Tinktur oder in der Form von Handelspräparaten an, die entweder alle oder einen Teil der wirksamen Blätterbestandteile enthalten. Bei dieser Art der Darreichung läßt sich aber die Dosis nicht einfach gewichtmäßig bestimmen, weil keine reinen chemischen Körper vorliegen, sondern der Wirkungswert der einzelnen Präparate muß im Tierversuch bestimmt und kontrolliert werden.

Bei der Wertbestimmung der Digitaliskörper geht man nun so vor, daß man entweder die Zeit bestimmt, nach der beim Frosch $\frac{1}{50}$ des Körpergewichts 10proz. Infus das Herz in Systole stillsteht, oder die kleinste Dosis, die nach 1–2 Stunden oder überhaupt systolischen Herzstillstand herbeiführt. Die wechselnde Empfindlichkeit der Frösche macht es nötig, diese jedesmal mit einem Standardpräparat zu prüfen. Das Verfahren hat verschiedene Mängel. Während der Sommermonate reagieren die Frösche zu ungleichmäßig, als daß man sie verwenden könnte. Da nur kleine Mengen eingespritzt werden können, muß die Lösung konzentriert sein, wobei die Gefahr der Sättigung besteht. Die Frösche verhalten sich den verschiedenen Digitaliskörpern gegenüber anders als der Mensch, im Froschversuch kann deshalb nur, insofern man für den Menschen gültige Werte sucht, der Wirkungswert gleichartiger Digitaliskörper bestimmt werden. Deshalb ist die Wertbestimmung an Warmblütern, und zwar Katzen, vorzuziehen, obwohl sich nachweisen ließ, daß die Froschmethoden in der Hand geübter Untersucher Ergebnisse liefern, die mit den im Katzenversuch erhaltenen übereinstimmen. Bei allen Bestimmungen muß jedoch berücksichtigt werden, daß das Mittel im Tierversuch eingespritzt, beim Menschen gewöhnlich per os gegeben wird. Die Wirkung hängt beim Menschen also auch davon ab, wie gut das Mittel resorbiert und wie weit es unter Umständen durch die Verdauungssäfte verändert oder unwirksam gemacht wird. Fügen wir hinzu, daß das menschliche Herz je nach der Art seiner Krankheit ganz verschieden auf die Digitalis anspricht, so ergibt sich, wie ich als Kliniker hier betonen möchte, der Schluß: die beste Wertbestimmung ist die sorgfältige Beobachtung des einzelnen Kranken.

Eine wichtige Ergänzung erfuhr die Digitalisbehandlung, als Fraser 1890 die in ihrem Heimat-

lande Afrika als Pfeilgift benutzten Strophantussamen einführte. Die Wirkung wurde von Fraser durch einen Zufall entdeckt. Die Jagdtasche, in der sich die Strophantussamen befanden, barg auch die Zahnbürste des Forschers; als nach deren Gebrauch eine merkwürdige Pulsverlangsamung auftrat, war der Weg bis zur Herzwirkung des Strophantus nicht mehr weit. Wie bei der Digitalis, so hat man sich auch bei den Strophantussamen bemüht, die wirksame Substanz chemisch rein darzustellen. Dabei haben sich je nach der Strophantusart verschiedene Körper ergeben; man kennt jetzt wohl über ein Dutzend Strophantine. Im Handel befinden sich das amorphe Kombestrophantin und das kristallisierte Gratusstrophantin oder Ouabain. Die Strophantine ergänzen die Digitaliskörper insofern, als sie bei gleicher Wirkung auf die Herzarbeit andere Bindungsverhältnisse zum Herzmuskel zeigen, die für die praktische Anwendung wichtig sind. Wenn ein Froschherz mit einer eben tödlichen Strophantindosis in kleiner Flüssigkeitsmenge vergiftet wird, so findet sich im Herzmuskel und in der Flüssigkeit dieselbe Strophantinkonzentration, während bei Digitoxin und Digitaletin die Konzentration im Herzmuskel sehr viel größer ist. Das Strophantin wird ferner rascher aufgenommen und ausgeschieden, läßt sich im Tierversuch aus dem Herzmuskel auch leicht durch Auswaschen entfernen. Die Digitaliskörper, insbesondere das Digitoxin, haften demgegenüber viel fester, können wochenlang im Herzmuskel bleiben. Bei länger fortgesetzter Behandlung besteht infolgedessen die Gefahr, daß sich übergroße Mengen im Herzen anhäufen, kumulieren und zu unerwünschten Erscheinungen führen. Es ist Sache des Arztes, je nach der Lage des Falles durch die richtige Wahl des Präparates, der Gabe und der Dauer der Anwendung die erstrebte Besserung der Herzfähigkeit ohne solche unerwünschten Erscheinungen zu erzielen.

Wie erklärt sich nun die wunderbare Wirkung der Digitalis auf das kranke Herz, die das geflügelte Wort hat entstehen lassen: „Wer wollte wohl ohne Digitalis Arzt sein?“ Das Herz ist ein Hohlmuskel, der seinen Inhalt in die großen Gefäße entgegen dem in diesen herrschenden Druck zu pressen hat. Seine Arbeit berechnet sich aus der bei seiner Zusammenziehung in die Gefäße geworfenen Blutmenge und dem Widerstand der Gefäße. Wird der Widerstand vergrößert, so kann das Herz trotzdem das gleiche Schlagvolumen fördern, wenn es beim Beginn der Zusammenziehung stärker gefüllt und damit seine Muskelfasern stärker gespannt sind. Je größer der Widerstand, je schwächer das Herz, um so stärker die Erweiterung, die nötig ist, um das Schlagvolumen aufrechtzuerhalten. So betrachtet ist die Erweiterung des Herzens ein Maßstab für die Kraft des Herzens. Erlahmt das Herz, so wird trotz stärkster Erweiterung, stärkster Steigerung der Anfangsfüllung und -spannung

das Schlagvolumen kleiner, die Füllung der Schlagadern sinkt und das Blut staut sich in den Venen mit den bekannten Erscheinungen der Herzschwäche. Alles das ändert sich, wenn man das erlahmende Herz unter Digitalis setzt. Unter ihrem Einfluß wird das Herz befähigt, von geringerer Anfangsfüllung und -spannung aus ein größeres Schlagvolumen auszuwerfen, einen höheren Widerstand zu überwinden. Ferner erfolgt nun die Kontraktion rascher und das Herz kann, wenn das Äußerste an Kraftanstrengung von ihm verlangt wird, überhaupt einen größeren Widerstand bewältigen als ohne Digitalis: seine absolute Kraft ist gesteigert. Gleichzeitig wirkt die Digitalis regelnd auf die Tätigkeit der Gefäße. Die bei Stauungszuständen überfüllten Gefäße der Baueingeweide werden verengert, die peripherischen Gefäße erweitert, und zwar zum Teil mechanisch durch die aus den Bauchgefäßen vertriebene Blutmenge, zum Teil durch eine hiermit verbundene reflektorische Regelung. Die als Digitaliswirkung besonders bekannte Pulsverlangsamung beruht beim Warmblüter auf einer unmittelbaren Reizung des Vaguszentrums durch das Mittel; sie bleibt aus, wenn die langen herzhemmenden

Nerven durchschnitten oder durch Atropin gelähmt werden.

Das sind die durch zahlreiche sorgfältige Tierversuche gelegten Grundlagen, auf denen der Arzt fußt, wenn er bei seinen Kranken Digitalis oder Strophantin anwendet. Aber mit diesen Grundlagen ist es nicht allein getan. Der kranke Mensch und das kranke Menschenherz bieten für die Wirkung zum Teil andere Bedingungen als gesunde Versuchstiere. Der Arzt kann deshalb die im Laboratorium gefundenen Regeln nicht bedingungslos auf die Behandlung Herzkranker übertragen. Er wird bald hier, bald dort auf Abweichungen stoßen. Theoretiker und Praktiker müssen dann zusammenhelfen, um nach Gesetzmäßigkeiten zu suchen, die solchen Abweichungen zugrunde liegen — so, wie das in der vorliegenden holländischen Arbeit geschehen ist.

Ich muß mir versagen, auf den klinischen Teil des Buches näher einzugehen, es würde das auf zuviel Einzelheiten führen, die dem allgemeinen Interesse fern liegen. Es mag genügen zu sagen, daß hier dem Arzt ein kurzer Wegweiser geboten ist, dem er mit Nutzen auf der Reise durch das verwirrende Gebiet folgen wird.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung.

Historische Geologie.

Von E. Wepfer, Freiburg i. Br.

(Fortsetzung.)

Mit der *Tertiärzeit* beginnt die letzte große Abteilung der Erdgeschichte; das Känozoicum. Grundlegende Veränderungen, wenn auch ganz allmählich eingeleitet, kommen zum Ausdruck. Zahlreiche Eruptionen charakterisieren das Tertiär gegenüber dem Mesozoicum, besonders in Europa, ferner kräftige Gebirgsbildungen, die allerdings schon in der Kreidezeit einsetzten, aber nun ihren Höhepunkt erreichten. Die allmähliche Annäherung an die jetzige Gestalt von Ländern und Meeren findet ihren Ausdruck in dem Vorherrschen der terrestrisch stark beeinflussten Ablagerungen von z. T. ausgesprochenem Seichtwasser-, ja Strandcharakter, im häufigen Auftreten von fluviatilen, limnischen (= Sumpf-) und Süßwasserschichten von oft sehr lockerer Konsistenz: der häufige Facieswechsel, die geringe Ausbreitung mancher Ablagerungen, und nicht minder die häufigen Bodenbewegungen erschweren oft eine genauere Altersvergleiche der Gesteine. Paläontologisch ist das Tertiär charakterisiert durch das starke Zurücktreten der großen Reptilien (Ichthyosaurier, Dinosaurier, Pterosaurier z. B.), das Verschwinden der Ammoniten und Belemniten, der Rudisten, das weitere Zurückgehen der Brachiopoden gegenüber der Vorherrschaft von Muscheln und Schnecken, ferner durch die enorme Entwicklung der Säugetiere.

Zu Ende der Kreidezeit (im Danien) erfolgt eine bedeutende Regression der Meere, offenbar im Zusammenhang mit einer lebhafteren Störungsperiode: das mitteleuropäische Festland hebt sich wieder deutlicher als Scheide zwischen einem nördlichen und einem südlicheren Meer hervor. Zu den ältesten Ablagerungen des Tertiärs, dem *Paleocän*, kommt jener Meeresrückzug zum Ausdruck durch die häufigen Landsäugetierreste, die sich besonders in Frankreich bei Reims, und — wohl in entsprechender Lage — in den „*Puerco beds*“ von Nordamerika gefunden haben: es sind *Condylarthra*, d. h. Huftiere, die in gewisser Beziehung eine Mittelstellung zwischen unseren Paar- und Unpaarhufern einnehmen, und als deren Vorfahren gelten, ferner die *Creodontier*, d. h. „Urraubtiere“, die sich von den jüngeren Vertretern der echten Raubtiere durch ein kleines, schwachgefurchtes Gehirn, gewisse Anklänge an die Beuteltiere und andere Merkmale unterscheiden, ferner *Halbaffen* u. a. m. — Daneben kommen allerdings auch Meeres- und Süßwassermollusken vor. — Entsprechende Ablagerungen liegen da und dort zerstreut in Belgien, England, Dänemark, sind im Untergrund von Berlin erbohrt, und vereinzelte diluviale Geschiebe zeugen für eine weitere Verbreitung im Ostseegebiet; auch in Zentralrußland ist *Paleocän* nachgewiesen. Es führt

wohl unmittelbar auf die brackischen Ablagerungen der obersten Kreide in der Provence, Dalmatien usw. zurück (s. o.).

Ein deutlicheres Bild geben uns die Ablagerungen der zweiten Stufe des *Alttertiärs*, nämlich das *Eocän*. Im *nordwestlichen Europa* reichte jetzt das Meer als weite Bucht nach Nordfrankreich hinein in das „Pariser Becken“, dessen Fortsetzung jenseits des Kanals im „Londoner Becken“ liegt. Besonders das erstere ist seit lange bekannt durch seine massenhaften, prachtvollen Versteinerungen in Meeres- und Süßwasserablagerungen von vielfach wechselnder Ausbildung. Die Größe und reiche Verzierung der Meeresmollusken zeigt durchaus die Merkmale tropischer Gebiete. Über Belgien erstreckt sich dieses Sedimentationsgebiet nicht weiter nach Osten: in Deutschland ist marines Eocän nur in geringer Verbreitung — besonders im NW — bekannt. Erst im Dnjepr-, Donetz- und Wolgagebiet tritt es wieder auf, vielleicht nach Norden über das Ostseegbiet — wo einzelne Gesteinsreste gefunden sind —, mit jenem „anglo-gallischen“ Becken verbunden, — erstrecken sich doch solche Ablagerungen östlich des Ural bis gegen das nördliche Eismeer zu.

Im *Mittelmeergebiet* im weiteren Sinne nehmen Eocängesteine an den Gebirgsfaltungen der jungen Kettengebirge (Pyrenäen, Alpen usw.) teil; paläontologisch bezeichnend für dieses ganze südlichere Ablagerungsgebiet sind die *Nummuliten*, d. h. münzenförmige Foraminiferen, die z. T. an die 8 cm Durchmesser erreichen, und oft geradezu gesteinsbildend in kalkigen, konglomeratischen und sandigen Schichten auftreten, allerdings auch im anglo-gallischen Becken vorhanden sind. Daneben spielen im Mediterrangebiet Korallenriffe eine gewisse Rolle. Deutlich zeigt sich hier oft eine Transgression des Eocäns; im Gironde-Garonne-Gebiet, den Randzonen der Pyrenäen sind solche Gesteine verbreitet, in Spanien liegen Kalke und Konglomerate mit Nummuliten diskordant auf gefaltetem Gebirge und Kreide. In den Alpen, im Apennin, den Karpathen treten öfters Gerölle in Nummulitengesteinen auf. — Daneben ist besonders auch die *Flyschfacies* (s. o.) verbreitet: so in den genannten Gebirgen als oft über 1000 m mächtige Gesteinsfolge, die außer den problematischen *Chondriten* (Fucoiden — Algen?) kaum Versteinerungen führt. Als ein sicheres Zeichen, daß damals bereits erhebliche Gebirgsbildungen stattgehabt haben, zeigen sich da und dort im Flysch „exotische Gesteine“ von oft recht strittiger Herkunft, deren ursprüngliche Heimat aber sicher nicht in unmittelbarer Nachbarschaft des betreffenden Ablagerungsgebietes lag. — Solcher Flysch ist weit verbreitet, bis in die Balkanhalbinsel, die Krim, nach Kleinasien, Armenien, Zentralasien, den Himalaya.

Im Süden reichte das eocäne Meer über das Atlasgebiet, in die libysche Wüste, nach Syrien,

Ägypten, Palästina und Arabien, flutete im Gebiet des Roten Meeres, des Somalilandes und weit im Süden im westlichen Madagaskar.

In *Amerika* ist das Eocän von New Jersey nach Süden bis Florida marin ausgebildet, ebenso wie auch die nächste Etage des Alttertiärs, das Oligocän; im Innern (Wyoming, Colorado und anderswo) hingegen herrschen kontinentale Ablagerungen mit zahlreichen Säugetierresten, die das gesamte Eocän und Oligocän zu vertreten scheinen; besonders bekannt sind die „*Bridger Beds*“ mit den Skeletten der mächtigen *Amblypoden*, d. h. Huftiere, die Merkmale der beiden jetzigen Huftiergruppen zeigen, im Beckenbau und mit ihren 5 Zehen z. T. an die Elefanten erinnern, Hörner, lange Eckzähne und ein winziges Gehirn haben. Aus Mittel- und Südamerika ist Flysch und Nummulitenkalk bekannt.

Während der oberen Abteilung des Alttertiärs, des *Oligocäns*, trocknet das Meer im Pariser Becken zunächst z. T. aus. Die gipsführenden Schichten des Montmartre mit den berühmten, von *Cuvier* bearbeiteten Säugetierknochen haben oligocänes Alter; dort findet sich unter anderen eines der wichtigsten Leitfossilien: das Paläotherium, ein Unpaarhufer von einer gewissen Ähnlichkeit mit dem Rhinoceros, aber auch Beziehungen zum Tapir. Dann aber erfolgt im Oligocän eine der großen, allgemeinen Transgressionen der Erdgeschichte: das Pariser Becken, ganz Norddeutschland bis zu den Mittelgebirgen und tief zwischen deren einzelne Gebirgssstöcke hinein wird vom Meer überflutet, das sich auch in Polen, in Südrußland, am Aralsee, dann in Westsibirien bis zum Nördlichen Eismeer ausdehnt. Als weit verbreitete Leitfossilien des im *Mitteloligocän* erreichten *Höhepunktes* dieser Überflutung seien genannt eine Schnecke: *Natica crassatina*, und eine Muschel: *Cytherea incrassata*; aber auch sonstige Fossilien sind in oft überraschender Menge vorhanden. In Norddeutschland sind es vielfach Tone mit *Pleurotoma* (einer Schnecke) Arten, im Samland in Ostpreußen die „blaue Erde“ mit dem Bernstein (Harz einer fossilen Fichtenart, das übrigens wohl ursprünglich eocänes Alter hat, d. h. auf sekundärer Lagerstätte liegt, und in welchem massenhafte Insektenreste und anderes, auch Pflanzenteile eingebettet sind). Wo dieses oligocäne Meer zwischen den Mittelgebirgsgürtel nach Süden weiter vordringt, macht sich naturgemäß der strandnahe Charakter deutlich geltend. Im Mainzer Becken findet sich fossilreiches Oligocän, im Untergrund des Oberrheiniales lagerten sich bereits unteroligocäne Mergel und Tone mit Petroleum im Unterelsaß, mit Salzen (Kalisalze des Sundgaus und des Markgräfler Landes) ab, als Teile eines langen schmalen Meeresarms, der vom Norden her über Cassel, Marburg, die Vogelsberger Gegend nach Süden reichte. Strandkonglomerate längs dem Vogesen- und Schwarzwaldrand zeigen, daß das Rheintal als solches

schon damals bestand. Sein großer Grabeneinbruch war damals bereits eingeleitet. Aber noch deutlicher sehen wir die Spuren einer mächtigen Gebirgsbildung in den Alpen.

Dort hatte bereits eine Hauptphase jener Faltungsperiode stattgefunden, als deren Endprodukt der große Kettengebirgsgürtel der Pyrenäen, Alpen, der Apenninen, der Karpathen, des Balkan, des Kaukasus, Himalaya usw. entstanden ist. — Als Abtragungsprodukt des Alpengebirges ist ohne Zweifel die dem Alpenland nördlich vorgelagerte „Molasseformation“ zu betrachten, eine bis zu 2000 und mehr Meter mächtige, vorwiegend sandig-konglomeratische Schichtfolge („Nagelfluh“ = Konglomerat), die sich vom mittleren Oligocän ab, damals z. T. mit marinen Fossilien, bis ins Jungtertiär hinein fortsetzt. Andererseits kennen wir auch aus dem unteren Oligocän noch die von der Molassefacies grundsätzlich so sehr verschiedene Flyschfacies, und als Einlagerung darin die fischreichen Schiefer im Glarus: bis jetzt ist nirgends ein einwandfreies Bild über das stratigraphische Verhältnis dieser beiden zu gewinnen, es ist durch mächtige Faltungen und Überschiebungen verschleiert. Jedenfalls muß wohl angenommen werden, daß eine wichtige tektonische Phase mit jenem Unterschied der Ausbildung zwischen unteroligocänem Flysch und mitteloligocäner (und jüngerer) Molasse im Zusammenhang steht: denn niemals tritt die Molasse innerhalb des Alpenkörpers selbst auf, wohl aber der Flysch. Hier liegt eines der großen, noch ziemlich ungeklärten Probleme der tertiären Gebirgsbildung, deren Hauptphase meistens ins *Miocän* (= ältere Stufe des Jungtertiärs) verlegt wird; jedenfalls dauerte sie noch in nachmiocäne, ja spätpliocäne (Pliocän = jüngere Stufe des Jungtertiärs) Zeit fort, denn miocäne, ja in Steiermark pliocäne Süßwasserablagerungen sind noch mitgefaltet, und die Nachwirkung bis ins Pliocän ergibt sich schon aus der Tatsache, daß pliocäne Meeresbildungen z. B. in Griechenland noch in 1800 m Meereshöhe gefunden sind: Also ebenso, wie bei der karbonischen, so auch in der tertiären Gebirgsbildung ein ziemlicher Spielraum hinsichtlich der Zeit.

Diese tertiäre Gebirgsbildung beschränkt sich übrigens nicht auf die Auffaltung einzelner Zonen zu Gebirgen, sondern Hebungen auf der einen, Senkungen auf der anderen Seite, begleitet von Verwerfungen, treten gleichfalls, z. T. in sichtlichem Zusammenhang mit vulkanischen Ergüssen auf. Ganz auffällig ist dabei das Wiederaufleben alter, schon im Karbon angelegter Linien im Tertiär, das z. T. deutlich bis in noch jüngere Zeiten, ins Diluvium, ja die Jetztzeit fortsetzt, und oft in deutlichsten Beziehungen zu Erdbeben steht.

Im *Mediterrangebiet* herrschte auch im Oligocän das Meer, weite Gebiete überschwemmend; besonders bezeichnend sind Schichten mit *kleinen* Nummuliten. Bemerkenswert ist auch jetzt,

offenbar im Anschluß an Gebirgsbildungen, die Verschiebung der Verbindung zwischen atlantischem und Mittelmeer nach Süden: die eocäne Verbindung über Nordspanien ist durch die Pyrenäen unterbrochen, sie reicht jetzt über Andalusien und den Atlas. Mediterranes Oligocän findet sich auf den Balearen, im Apennin, in Kleinasien, Armenien, Persien, Hinterindien, ja auf Borneo. Dieser Ausbreitung gegenüber stehen allerdings gewisse Verluste: das afrikanische Tafelland, die indisch-madagassische Region wurden trockengelegt; in Ägypten bilden sich Land- und Süßwasserablagerungen, in denen die Reste riesenhafter Landsäugetiere vorkommen (z. B. *Arsinoitherium*, ein Huftier mit mächtigen Hörnern auf der vorderen Stirn).

Zu Ende des Oligocäns fand weithin eine deutliche Regression statt: Süß- und Brackwasserschichten lösen die marine Facies nach oben ab — so z. B. im Mainzer Becken, im Molasseland, sowie bis nach Kleinasien —, in welchen die Muschel *Cyrena* weit verbreitet auftritt; als bezeichnendes Säugetier dieser Periode sei das schweineähnliche Huftier *Anthrocotherium* genannt. — Nur an der atlantischen Küste von Europa hält sich die Meeresbedeckung z. T. bis ins Jungtertiär hinein.

Im Gegensatz zu diesen Gesteinen des eigentlichen Ablagerungsgebietes stehen gewisse rein kontinentale Verwitterungsprodukte des mittlereuropäischen Festlandes der Alttertiärzeit, das z. T. durch die erwähnte Gebirgsbildung an Umfang gewann. Es sind die in taschen- und höhlenartigen Auswitterungsvertiefungen liegenden *Bohnerztone*, d. h. offenbar in vielen Fällen der Ton- und Eisenrückstand von Kalkgesteinen, deren kohlenaurer Kalk in Lösung abgeführt, und deren geringer Eisengehalt hierdurch allmählich relativ angereichert in Form von Brauneisenkonkretionen vorhanden ist. Wir kennen solche Bohnerze aus eocäner, oligocäner und auch jüngerer Zeit, in welchen dann ab und zu Repräsentanten der entsprechenden Landwirbeltiere eingebettet liegen, im schwäbisch-schweizerischen Jurazug; oligocänes Alter haben auch die Phosphorite des Quercy in Frankreich. — Daneben finden sich einzelne mehr oder weniger geschlossene Süßwasserbecken, so im Gebiet nördlich des französischen Zentralplateaus, in den Cevennen, im Elsaß.

Das *Jungtertiär* läßt zunächst im Norden einen deutlichen Rückzug des Meeres erkennen. Das mitteleuropäische Festland (s. o.) gewinnt an Raum und reicht von Osteuropa bis nach Spanien, und im Norden wohl auch nach Großbritannien. Weder im Pariser noch im Londoner Becken finden sich marine Miocänschichten, das Meer beschränkt sich auf Schleswig-Holstein, Friesland, Belgien (Antwerpener Sande mit Wal- und Delphinresten), d. h. Küstengebiete. — Nur an der atlantischen Westküste greift es in einzelnen Buchten tief ins Land: in der Gegend von Bor-

deaux, der Touraine, finden wir marine Seichtwasserablagerungen mit pflanzen- und säugetierführenden Schichten — ähnliches in Portugal, Andalusien und Nordwestafrika, wo zugleich eine Verbindung mit dem Mittelmeer bestand.

In diesem letzteren Gebiet greift das Meer an vielen Orten recht weit über seine jetzigen Grenzen hinaus: durch das Rhonetal drang es nach Norden bis in die Nordschweiz („obere Meeresmolasse“), nach Oberschwaben und -Bayern, lagerte sehr fossilreiche Marinschichten im Wiener Becken ab, ferner innerhalb des Karpathenbogens („pannonisches Becken“), in Galizien, Rumänien und Kleinrußland bis zum Asowschen Meer und an den Aralsee. In Galizien, Rumänien, bei Baku, in Mesopotamien finden sich darin reiche *Erdöllager*. Selbst weit im Osten, auf Java, findet sich marines Miocän. — Als Leitform dieses miocänen Meeres mag die große, langgestreckte *Ostrea crassissima* (eine *Auster*) genannt sein.

Auf dem mitteldeutschen Festland lagerten sich inzwischen Sande mit *Braunkohlen* ab (Niederrhein, Niederlausitz, Hessen, Wetterau, Westerwald usw.); zugleich fanden zahlreiche Basalt-, Phonolith- und andere *Eruptionen* statt (Zentralplateau, Eifel, Siebengebirge, Rhön, Vogelsberg, Kaiserstuhl, Hegau, Böhmen, Innerkarpathischer Vulkankranz u. a. m.). Das Alpenland stand wohl über Dalmatien, die Balkanhalbinsel, das „Ägäisland“ mit Kleinasien in Verbindung — erst südlich davon dehnt sich das damalige Mittelmeer, das noch über Teile von Alger, Nordägypten und Syrien griff, während Arabien, Persien usw. kein marines Miocän mehr aufweisen, d. h. die uralte Meeresverbindung nach Indien hatte ein Ende gefunden. — Das Klima in jenem mitteldeutschen Land war anfänglich warm: Palmen, Kämpfer- und Zimmetbaum, Magnolien, Myrthen und andere immergrüne Bäume wuchsen, und erst späterhin erfolgte eine Abkühlung. Als charakteristische Landsäugetiere lebten Rhinoceroten, dann große Rüsseltiere (*Dinotherium*, *Mastodon*), das zur Pferdefamilie gehörige *Anchitherium* und die älteste Katzenart: der Säbeltiger *Machairodus* mit sehr stark verlängerten oberen Eckzähnen.

Gegen Ende der Miocänzeit wurde das Meer endgültig eingeengt: in Galizien entstanden Gips- und Salzlager (*Wieliczka*), ebenso im pannonschen Becken, brackische Schichten bildeten sich in der Krim; in der „oberen Süßwassermolasse“ treten z. T. fossilreiche Ablagerungen auf (Öhningen mit zahlreichen Blattresten und dem bekannten Riesensalamander *Andrias Scheuchzeri*). In Sizilien und anderswo in Italien entstehen Gips- und daraus Schwefellager, im spanischen Ebrobecken Gipse und Salze, während die andalusische Meeresstraße als solche verschwindet; gips- und salzführende Schichten finden sich weiterhin in Mesopotamien.

Nord- und Südamerika waren zur Unter-

miocänzeit völlig getrennte Kontinente, denn entsprechende Ablagerungen in den Antillen zeigen deutlich pacifische Elemente, und im südlichen Chile finden sich atlantische Formen, verwandt mit solchen der „patagonischen Meeresmolasse“ und des europäischen Miocäns. — Am atlantischen Saum von Nordamerika (Maryland usw.) sind marine Miocänschichten ausgebreitet. — Im Innern Nord- sowie Südamerikas liegen kontinentale Ablagerungen mit zahlreichen Landsäugetieren (*Equiden*!), welche bis ins Pliocän hineinreichen (*Edentaten*: Faultiere, Gürteltiere). Im Pliocän erfolgte auch die endgültige Trennung des atlantischen vom pacifischen Ozean durch die Landenge von Panama. Der Vulkanismus war besonders auf der pacifischen Seite der beiden Kontinente sehr tätig.

Im hohen Norden finden wir Miocänablagerungen reichlich verbreitet: im Mittelpunkt des Interesses stehen die *pflanzenführenden Schichten*, die in Grönland auf 70°, noch weiter nördlich auf Spitzbergen, und in Grinnell-Land gar auf 82° nördlicher Breite vorkommen; z. T. treten damit sogar mächtige Braunkohlenflöze auf (Spitzbergen). Die fossilen Pappeln, Coniferen (*Sequoia*, *Taxodium*) und andere Pflanzen beweisen für jene Zeit ein zum mindesten gemäßigtes Klima. Unter den jetzigen klimatischen Verhältnissen, ja unter der jetzigen geographischen Lage (monatelange Polarnacht!) kann eine solche Vegetation nicht gedacht werden. Es ist dies ein Punkt, an dem die Frage von *bedeutenden Polwanderungen* immer wieder anknüpfen kann, ferner aber jene geistreiche Hypothese *Wegeners* von der Möglichkeit der *horizontalen Verschiebung von Kontinenten* oder deren Teilen.

Wenn auch solche Bewegungen zugegeben werden sollten, so hätten wir trotzdem für die paläogeographische Methode nicht allzuviel zu befürchten, denn gar zu deutlich läßt sich durch die Erdgeschichte hindurch die Konstanz gewisser kontinentaler Elemente als solcher erweisen.

Der große Rückzug des Meeres gegen Schluß der Miocänzeit, d. h. die Herausbildung der Kontinentalstöcke zu der jetzigen Gestalt ihrer Festländer läßt sich weiter ins *Pliocän* verfolgen. Im Norden greifen Schichten dieser Abteilung in breitem Saum über das südöstliche England; es sind sandig-tonige Ablagerungen, die unter dem Namen „Crag“ zusammengefaßt werden: rein marine Schichten wechseln mit limnisch-fluviatilen ab, in denen Landsäuger (*Mastodon*, *Elephas*) vorkommen. Auch in Belgien, Holland und in kleinen Teilen Nordfrankreichs greift marines Pliocän noch in jetziges Land hinein; der Ärmelkanal bestand noch nicht. In Deutschland fehlt marines Pliocän, dagegen sind fluviatile Ablagerungen in Rheinessen, Thüringen und vielen anderen Gebieten verbreitet, braunkohlenführende Schichten lagern sich in der Frankfurter Gegend und der Wetterau ab, die übrigens durch einen Einschlag amerikanischer Florenelemente inter-

essant sind; immerhin ist eine Verbreitung von Pflanzensamen durch Meeresströmungen auf Tausende von Kilometern, ferner durch den Wind und Vögel möglich.

Im Süden griff das Meer noch in Spanien ins Guadalquivirbecken hinein, ferner an der französischen Südküste, besonders ins Rhonetal bis nach Lyon. In Italien lagert sich an der tyrrhenischen Küste die „Subapenninformation“ ab. Hunderte von Metern mächtig, mit der reichen Marinfrauna von Rom, der Campagna u. a. O., — nach oben fast stets mit fluviatilen landwirbeltierreichen Schottern abschließend; die Poebene war eine tiefe Meeresbucht. In Südrubland bestand als Rest des dort einst ausgedehnten Meeres ein mächtiger, später vielleicht verschiedene kleinere Binnenseen mit einer Fauna, die derjenigen des Kaspischen Meeres recht ähnlich ist. — Im Zusammenhang mit jenen Ablagerungen bildeten sich brackische, z. T. Süßwasserschichten, als Fortsetzung der marinen Serie des Wiener Beckens (s. o.), ferner in Kroatien, Slavonien, Rumänien und an vielen Punkten der Balkanhalbinsel, abgeschlossen auch hier durch fluviatile Schotter mit Mastodonten und anderen Säugetieren. Zu erwähnen sind aus jener ersten Schichtfolge besonders die sehr stark variierenden Paludinenschnecken und die z. T. recht stark skulptierten Flußperlmuscheln (Unio).

Außer den genannten terrestrischen Ablagerungen des Pliocäns sind noch besonders hervorzuheben die reichen Knochenlagen im roten Ton von Pikermi in Attika mit *Rhinoceros*, *Machairodus* (Säbeltiger), dem zierlichen, pferdeverwandten *Hipparion*, dem giraffenähnlichen

Helladotherium, Affen u. a., ferner die Knochenführenden Schichten von Samos und anderen Inseln des ägäischen Meeres, die die Auffassung nahelegen, daß dort ein zusammenhängendes Festland, die „Ägäis“, bestand. Die Fauna selbst sowie die Art des Vorkommens erlauben es, sich ein lebendiges Bild jener Gegenden zu entwerfen. — Ein ähnliches Alter haben ferner die Knochenführenden Schichten vom Mont Lubéron in Südfrankreich sowie die Siwalik-Hill-Schichten am Fuß des Himalaya, die — mehrere 1000 m mächtig aufgeschüttet — in Konglomeraten, Tonen mit Braunkohlen eine reiche Wirbeltierfauna einschließen: *Stegodon* (zwischen Mastodon und Elefant stehend), *Mastodon*, *Hipparion*, *Swatherium* (ein weiterer Verwandter der Giraffe), Riesenschildkröten und andere, z. T. auch in Pikermi und der Ägäis vorkommende Formen.

Knochenhöhlen mit einer teilweise ähnlichen Fauna sind auch in China und Japan bekannt. Aus vulkanischen Tuffen in Java — allerdings vielleicht von diluvialen Alter — stammt der bekannte *Pithecanthropus erectus*.

In Nordamerika ist marines Pliocän besonders in Florida und am Golf von Mexiko vorhanden; im Innern dauert die Anhäufung kontinentaler Ablagerungen mit Wirbeltieren an. In Südamerika gehört ins Pliocän die marine „Paranastufe“. Bezeichnend für die südamerikanischen terrestrischen Bildungen jener Zeit sind Beuteltiere, Edentata (große Gürteltiere, das Riesenfaultier *Megatherium*), Toxodontier (Huftiere). Auch in australischen kontinentalen Ablagerungen kennt man vor allem Beuteltiere.

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Ungerer, Emil, Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie. Abhandl. d. theoret. Biologie, herausgeg. v. Julius Schaeff, Heft 14. Berlin, Gebr. Bornträger, 1922. V, 135 S. Preis Gz. 4,80.

Philosophische Arbeiten, die sich ernsthaft um eine philosophische Begründung der biologischen Wissenschaften bemühen, sind in der philosophischen Literatur immer noch recht selten. Rickert konnte zwar vor einigen Jahren mit Recht von einer biologischen Modeströmung in der neueren Philosophie sprechen, doch bezieht sich dieser Ausspruch nicht auf philosophische Versuche, die auf eine Begründung der Biologie ausgehen, sondern umgekehrt auf jene vielen philosophischen Strömungen, die biologische Begriffe ihren philosophischen Bemühungen unterlegen, ohne überhaupt zuvor das Recht und den Geltungswert dieser Begriffe einer kritischen Betrachtung zu unterziehen. Es ist daher lebhaft zu begrüßen, daß ein biologisch und philosophisch gleich gut geschulter Forscher, wie der Verfasser des vorliegenden Werkes, es unternimmt, einen der wichtigsten und umstrittensten Begriffe der Biologie, den der Zweckmäßigkeit, ausgehend von Kants fundamentaler dritter Kritik, einer erneuten kritischen Prüfung zu unterziehen.

Im ersten Teil werden die verschiedenen Arten

der formalen Zweckmäßigkeit behandelt und gezeigt, daß sowohl die systematische, wie die ästhetische und mathematische Zweckmäßigkeit nur gleichnisweise als Zweckmäßigkeit zu bezeichnen sind. „Formale Zweckmäßigkeit heißen sie bei Kant, als „Zweckmäßigkeit ohne Zweck“. Der Verf. zeigt, daß es sich hierbei um ganz verschiedene Ordnungsformen handelt, die nur darin übereinkommen, daß man sie als „Mittel“ zu einem „Zweck“ auffassen kann. Den Naturforscher, speziell den Biologen, interessiert nur die systematische Teleologie. Dieses Prinzip der formalen oder systematischen Zweckmäßigkeit ist die Voraussetzung aller Naturforschung, nicht nur der Biologie, da sie ja „von der Voraussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen muß“ (Helmholtz). Es dient dazu, die empirisch bekannt gewordenen einzelnen Gesetze der Natur, die als solche zufällig sind, zu einer gewissen Ordnung der Natur zusammenzufassen. Träger dieses Prinzips ist nach Kant die reflektierende Urteilskraft, die die Einzelgesetze so beurteilt, als ob sie in einem allumfassenden Einheitsgesetz der Gesamtnatur zusammengefaßt wären. Es ist identisch mit dem Systemgedanken, wie ihn vor allem die Marburger Schule der Neukantianer entwickelt und vertreten hat. Hinsichtlich des Systemgedankens besteht ein Postulat: alle Sondergesetzmäßigkeiten sollen so auf-

gefaßt werden, als ob sie nicht zufällig und gesondert, sondern der Ausdruck der Einheit eines Gesetzes wären. In dankenswerter Weise sucht der Verfasser dieses Prinzip von der psychologischen Einkleidung, mit der es bei Kant noch vielfach behaftet ist, völlig zu reinigen und rein logisch zu begründen, wozu ihm vor allem seine Fassung unter Verwendung des Begriffes der *Ganzheit* (im Anschluß an Driesch) dient. „Wäre Einheit der Erkenntnis ableitbar aus dem *apodiktischen* Gebrauch der Vernunft, wäre sie Erzeugnis einer *bestimmenden Urteilskraft*“, so wäre Erfahrung, d. h. alles hier Gegebene, nicht mehr eine Summe von stückweis verbundenen Einzelheiten. „Gesetze würden als Einzelheiten verschwinden in dem einen einzigen Gesetz der *Ganzheit*.“ Dieses Ideal nun, unerfüllbar wie es ist, weil Zufälliges im Gegebenen es nun einmal gibt, soll *methodische* Richtschnur sein, Zielpunkt des Denkens im Sinne einer Idee, das ist der Sinn der *reflektierenden Urteilskraft*. Der Begriff der *Ganzheit* (Totalität) ist hier mehr als die Summe der Teile, die bloße Gesamtheit, nämlich die *Einheit* der Teile, ihre *systematische Einheit*. *Ganzheit* ist nicht Gleichnis wie die Zweckmäßigkeit, sondern *Kennzeichnung*. Sie tritt an die Stelle des Zweckbegriffs.

In dem Unterkapitel „Der Systemgedanke in der Biologie“ bringt der Verf. eine Anwendung des Kantischen Systemgedankens auf die biologische Systematik. Über die methodologischen Grundlagen und wissenschaftlichen Ziele dieser biologischen Disziplin herrscht in der neueren biologischen Forschung seit (und z. T. wegen) der Herrschaft des Descendenzgedankens eine erstaunliche Unklarheit, wie auch der Verf. mit Recht hervorhebt. Die Lektüre dieses Kapitels, das in eindringender Logik und mit gründlicher Beherrschung der modernen biologischen Literatur, die hier vorliegenden Probleme (Verhältnis von Systematik zur Descendenztheorie, logische und empirische Fassung des Art- und Gattungsbegriffes) behandelt, sei dem Biologen aufs wärmste empfohlen. Gedanken wie der, daß die Descendenzlehre nicht die Begründung eines natürlichen Systems leisten kann, vielmehr umgekehrt, die wissenschaftliche Tatsache eines mehr oder minder natürlichen Systems einen Beweis für die Descendenz abgibt, kann nur voll zugestimmt werden; sie verdienen die weiteste Beachtung. Hier liegen für die empirische Forschung (speziell auch für die Forschung des Art- und Gattungsproblems) große wichtige Fragen vor, und wenn vielleicht die Biologie auch niemals ganz das Ziel eines rationalen Systems wird erreichen können, so kann und muß sie doch auch heute schon wenigstens das Ziel einer solchen Forschung methodologisch schärfer herausarbeiten, als dies bisher in der Systematik und Artbildungslehre der Fall ist. Derartige Wege wandelt Ungerer, wenn er z. B. zeigt, daß es auf Grund der neueren Ergebnisse der empirischen Forschung, speziell der Variabilitäts- und Vererbungslehre, möglich ist, den Begriff der *untersten* und *letzten Arten* scharf zu fassen und zu definieren und dabei auf den Vergleich mit der modernen Atomlehre hinweist; oder wenn er wenigstens auf die Probleme aufmerksam macht, die mit dem Prinzip der *Gattung* zusammenhängen. Hervorgehoben sei, daß man sowohl methodologisch, wie empirisch heute schon auf dem vom Verf. beschrittenen Wege weiter und tiefer gehen kann, als auch er es getan hat, indem wenigstens gewisse, wenn auch nur schattenhafte Bahnen sich kennzeichnen lassen, auf denen ein solch rationales System schließlich in ein nomothetisches,

gesetzmäßiges Geschehen einmünden und hier kausal sich auflösen kann.

Der zweite Teil handelt von der *inneren Zweckmäßigkeit und dem Organismus als Naturzweck*. „Das Prinzip der Beurteilung der inneren Zweckmäßigkeit in organisierten Wesen . . . zugleich die Definition derselben heißt: ein organisiertes Produkt der Natur ist das, in welchem alles wechselseitig auch Zweck und Mittel ist“ (Kant). Ein Ding, das eine dem Prinzip entsprechende innere Form, eine Organisation besitzt, heißt ein „Naturzweck“. Das Prinzip der Zweckmäßigkeit ist hier auf einen Gegenstand der Erfahrung unmittelbar bezogen. Daher die Bezeichnung *objektive* Zweckmäßigkeit. Der Verf. erblickt in der Ganzheitsbeziehung den Ordnungszug, der diese objektive Zweckmäßigkeit mit der formalen verbindet. Durch die Anwendung der Ganzheitsbeziehung befreit er auch hier das Prinzip von dem auf einen „anderen Verstand“ beruhenden Zweckvergleich, der nur zu Mißverständnissen führt. Eine bestimmte Ordnung der *Teile untereinander* und zum *Ganzen* ist das für den Organismus charakteristische, wobei man nach Ungerer drei Arten der Ganzheit unterscheiden kann, die *Formganzheit*, die *Funktionsganzheit* und die *Bewegungsganzheit*. Die Ganzheitsidee kommt an den Organismen dadurch zum Ausdruck, daß die Vorgänge an den *Teilen* des Lebewesens das Lebewesen als ein *Ganzes* erzeugen und erhalten und daß die Form der *Teile* von der Form des *Ganzen* abhängig sind. Auch hier ist also das wesentlichste Ergebnis die Verbannung des Zweckgedankens aus der logischen Kennzeichnung der Besonderheit jener Vorgänge und Formen, die der Organismus darbietet, und den Kant durch seinen Begriff der inneren Zweckmäßigkeit schaffen wollte, und seine Ersetzung durch den Ganzheitsbegriff (Systemgedanke). Mit der Durchführung der Ganzheitsbeurteilung wird die Biologie von dem bisher mit Recht nur mißtrauisch geduldeten „Fremdling in der Naturwissenschaft“, dem Zweckbegriff, befreit.

In dem Abschnitt „Der Begriff der Ganzheit in der Naturbeschreibung“ wird zugleich die Unabhängigkeit dieser Ganzheitsbeurteilung von der nach Zwecken und ihre hohe Bedeutung für die denkhafte Bewältigung der vergleichenden Morphologie (sehr glücklich werden dabei die *Eigenformen* der Lebewesen im Gegensatz zu den *Funktionsformen* unterschieden) aufgezeigt, da alle Begriffe der Grundformenlehre Ganzheitsbegriffe sind. Sie beherrscht also einen Teil der Biologie mit, der sich dem Zweckbegriff vollständig und grundsätzlich verschließt. Auch dieser Abschnitt enthält wieder manche für Biologen sehr beherzigenswerte Urteile, denen der Referent auch nur zustimmen kann.

Ein weiteres Unterkapitel ist dem Begriff der Ganzheit in der Naturerklärung und der Vitalismusfrage gewidmet. Eingehend wird zunächst der Nachweis zu führen versucht, daß Kant selbst als Vitalist zu bezeichnen ist, der eine Erklärung des Lebensgeschehens durch nur räumlich gekennzeichnete Ursachen für unmöglich hält, auf Grund seines Naturbegriffs aber jede andere Erklärung im Bereich der Naturerfahrung ablehnt und sie daher ins Metaphysische, ins grundsätzlich Unwißbare verweist und durch das vergleichsweise gebrauchte Hilfsmittel der „Endursachen“ der teleologischen Beurteilung im eigentlichen Sinne des Wortes ersetzt. Er macht also von seinem grundsätzlichen Vitalismus (außer dieser Fiktion) keine Anwendung auf die Naturerklärung im einzelnen Fall, verlangt vielmehr, auch die zweckmäßigsten Produkte und Er-

eignisse der Natur soweit als möglich mechanisch zu erklären.

Der Verf. sucht dann selbst im Anschluß an *Driesch*, von dessen Denken er stark beeinflußt ist, unter Verzicht auf die Kantische Fiktion der vergleichsweise herangezogenen Zweckmäßigkeit und unter Zugrundelegung der schon mehrfach hervorgehobenen Ganzheitsbeurteilung eine logische Rechtfertigung der Möglichkeit des Vitalismus nachzuweisen. Besonders anerkennenswert ist die vorsichtige Besonnenheit, wenn er sagt: „Mit dieser logischen Rechtfertigung des Vitalismus ist natürlich seine *Notwendigkeit* nicht nachgewiesen, über die nur die Analyse des tatsächlich vorliegenden Geschehens in seiner Ordnungsbesonderheit entscheiden kann.“ Trotz dieser vorsichtigen und sauberen Denkungsweise scheinen dem Referenten in diesem Kapitel die gezogenen Schlüsse nicht immer bindend, und man kann auch als strenger Kantianer zu wesentlich anderen Beurteilungen dieser Fragen kommen, wie die Marburger Schule, wie *Al. Richl*, *Br. Bauch* u. a. zeigten. Auf die vielumstrittene Beurteilung der Stellung *Kants* in der Vitalismus-Mechanismus-Frage, die ja durch das eigentümlich schwankende Verhalten *Kants* diesen Problemen gegenüber verständlich ist (jeder vitalistisch gefärbten Stelle folgt bei *Kant* immer eine Betonung des Mechanismus und umgekehrt), sei hier nicht näher eingegangen, und nur ein Punkt kritisch hervorgehoben. Wenn bei einer Veränderung eine solche Vermehrung des Mannigfaltigkeitsgrades stattfindet, daß eine stückweise Beziehung der räumlichen Einzelheiten der „Wirkung“ auf räumliche Einzelheiten der „Ursache“ nicht möglich ist, so schließt *Driesch*, dem, soweit der Ref. sehen kann, hierbei *Ungerer* zustimmt, daß dann nicht-räumliche Wertebestimmer vorausgesetzt werden müssen. Dieser Schluß ist jedoch keineswegs berechtigt, sondern man kann höchstens sagen, daß dann nicht-räumliche Wertebestimmer vorausgesetzt werden können; denn daß die kausale Auflösbarkeit eines komplexen Geschehens nicht möglich ist, kann immer nur auf eine zurzeit empirische, nicht auf eine prinzipielle Unmöglichkeit zurückgeführt werden.

Dagegen kann Ref. voll und ganz der Kritik der besprochenen mechanistischen Erklärungsversuche von *zur Straß* und *I. Schulz* zustimmen, ja, ihm scheint auch der Schulzsche Erklärungsversuch einer kritischen Prüfung noch weniger standzuhalten als es der Verf. meint. Dagegen kann Ref. dem Verf. in seiner Beurteilung des Lotzeschen Mechanismus, in dem er einen vitalistischen Zug zu erkennen glaubt, nicht beistimmen. Nach *Lotze* unterscheidet sich der als Mechanismus betrachtete lebende Körper von allen anderen Mechanismen dadurch, „daß in ihm ein Prinzip immanenter Störungen aufgenommen ist, die durchaus keinem mathematischen Gesetz in ihrer Stärke und Wiederkehr folgen“. *Ungerer* meint, daß das Prinzip immanenter Störungen als Ausdruck einer Regellosigkeit nur durch das *sic volo* des Denkers ein *mechanisches* genannt werde und sich dadurch von den lokalisierten unmateriellen Widerständen, die die Atome bei *Driesch* durch den amechanischen Wertebestimmer (die Entelechie) finden sollen, nur durch die Absicht von *Lotze* unterscheide, der es aber nur als mechanisch möglich postulieren nicht beweisen könne. Wenn *Lotze* sagt, daß die immanenten Störungen durchaus keinem mathematischen Gesetz ihrer Stärke und Wiederkehr folgen, oder wenn er in anderer Fassung den Organismus „ein System veränderlicher Massen nennt, dessen mechanische Konstruktion noch¹⁾ vollkommen unmög-

lich ist“, so ist damit doch nicht gesagt, daß die mechanische Aufklärung überhaupt und prinzipiell unmöglich sei. (So könnte ja ein derartiges Prinzip immanenter Störungen durch die kolloidale Natur der lebenden Substanz begründet sein und sehr wohl einem mathematischen Gesetz folgen, wenn wir es auch noch nicht kennen.) Das ist aber ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem amechanischen Wertebestimmer *Drieschs*, den *Driesch* ja auch nur postulieren, nicht beweisen kann. Dabei besteht noch ein weiterer großer Unterschied: wenn der Vitalismus zur Herstellung der Systemeinheit amechanische Wertebestimmer (Entelechie) postuliert, so ist damit für die naturwissenschaftliche Erkenntnis nichts gewonnen, da der Naturforscher mit der Entelechie nichts anzufangen vermag. Für mechanistisch mögliche postulierte Einheitszusammenhänge besteht dagegen immer die Möglichkeit einer wenigstens teilweisen mechanistischen Auflösbarkeit durch die weitere empirische Forschung, wenn vielleicht auch die volle Auflösbarkeit des Lebensgeschehens eine unvollendbare Aufgabe bleiben mag.

Immerhin sei nochmals betont, daß gegen die logische Möglichkeit eines Vitalismus, wenn er in so vorsichtigen und kritischen Gewande auftritt wie der *Ungerers*, in dessen System ja der „Mechanismus der Forschung“ sich als unentbehrliches Glied einfügt, logisch nichts einzuwenden ist. Trotzdem erscheint es dem Ref. in solchen Fällen, wo zurzeit der Einheitszusammenhang nur durch Annahme vitaler Faktoren erklärt werden kann, wissenschaftlich kritischer und zweckmäßiger, die Lücken unserer Erkenntnis offen und scharf zu bekennen, weil durch eine vitalistisch amechanische Einheitsherstellung nur zu leicht ein ungelöstes Problem verdeckt und verwischt werden kann. (Genau so gefährlich kann allerdings auch ein dogmatischer Mechanismus sein.) Wenn in der Tat *I. Schulz* Recht haben sollte, daß weder die Maschinentheorie noch der Vitalismus völlig beliegbar sei und der Gegensatz auf zwei entgegengesetzten Temperamenten beruhe, so verlieren auch die oben erwähnten Gefahren des Vitalismus wie eines dogmatischen Mechanismus an Bedeutung; denn mögen vitalistisch orientierte Forscher sich auch bei einer vitalistischen Einheitsherstellung eines Problems beruhigen, immer wieder werden mechanistisch veranlagte Forscher auftreten, deren Erkenntnistrieb sich dadurch nicht befriedigt fühlt und die das Problem daher von neuem aufrollen und durch neue Fragestellungen und durch neue Experimente seiner kausalen Erklärung weiter entgegenführen. Denn auch hierfür gilt das Wort *Kants*: „Ins Innere der Natur dringt Beobachtung und Zerliederung der Erscheinungen, und man kann nicht wissen, wieweit diese mit der Zeit führen werden.“ *Mac Hartmann, Berlin-Dahlem.*

Dürken, Bernhard, Allgemeine Abstammungslehre. Zugleich eine gemeinverständliche Kritik des Darwinismus und des Lamarckismus. Berlin, Gebrüder Borntrager, 1923. 205 S. mit 38 Textfiguren in 71 Einzeldarstellungen. Preis Gz. 4.2.

„An Büchern über die Abstammungstheorie ist gerade kein Mangel. Doch kann man nicht sagen, daß die Zahl der wirklich guten Bücher über dieses Problem groß sei.“ Von einem für weiteste Kreise bestimmten Buche, das der Verfasser mit diesen Sätzen einleitet, darf man wohl etwas ganz Besonderes erwarten, zumal wenn man weiterhin noch liest, daß es nach der Überzeugung des Verfassers verfehlt wäre, „die Popularisierung der Wissenschaft nur den Instanzen zweiter und dritter Ordnung zu überlassen“. Bei der Lektüre sieht

¹⁾ Vom Ref. gesperrt.

man sich indessen in seiner Erwartung getäuscht. Hätte der Verfasser die beiden letzten Kapitel, in denen er Darwinismus und Lamarckismus einer Kritik unterzieht, weggelassen, so könnte man das Büchlein — zwar auch nicht als etwas ganz Besonderes, aber doch immerhin als eine gute, für weiteste Kreise brauchbare Einführung in die Deszendenztheorie bezeichnen.

In leicht lesbarer Form wird im ersten Teil der Inhalt der Deszendenztheorie dargestellt und an der Hand bekannter Beispiele aus Paläontologie, Systematik, vergleichender Anatomie, Embryologie, Tiergeographie usw. in kurzen Zügen eine Begründung der Theorie gegeben. Der zweite Teil dient einer Schilderung der Mittel und Wege der Stammesentwicklung. Hier begnügt sich, wie gesagt, der Verfasser nicht mit einer rein objektiven Wiedergabe der Erklärungsversuche *Lamarcks* und *Darwins*, sondern er nimmt persönlich Stellung zu Lamarckismus und Darwinismus. Würde diese Stellungnahme den über dem Streit des Tages stehenden Forscher erkennen lassen, so wäre gegen eine solche Kritik auch in diesem populären Büchlein, das im Gegensatz zu den bisherigen gemeinverständlichen Darstellungen dieser Art „von kritischem Geiste der jüngsten Biologie“ durchhaucht sein will, durchaus nichts einzuwenden. Der Verfasser bricht über Darwinismus und Lamarckismus den Stab, und vielleicht wird mancher Laie, an den sich das Buch wendet, gerade hierin „kritischen Geist der jüngsten Biologie“ verspüren. Bisher hat ja der Laie sich Antwort auf deszendenztheoretische Fragen in der Hauptsache aus den Büchern unserer bekannten populären Schriftsteller geholt, die entweder begeisterte Darwinianer oder nicht weniger begeisterte Lamarckianer waren oder auch beides zugleich, und hier wird ihm nun von einer „Instanz erster Ordnung“ gesagt, daß der Darwinismus „ein großer Irrtum“ war und der Lamarckismus nicht minder. Aber sind wir wirklich berechtigt, heute die beiden großen Erklärungsprinzipien der Evolution kurzerhand ad acta zu legen? Daß im Lichte der induktiven Forschung der Neuzeit vieles uns anders erscheint als *Lamarck* und *Darwin*, daß uns manche ihrer Vorstellungen geradezu naiv anmutet, ist selbstverständlich. Aber der kritische Geist der modernen Biologie besteht nicht darin, daß man sich über die Darwinsche Erklärung der Entstehung der Schmuuckfedern und -zeichnung des Argusfasans lustig macht, oder daß man den Darwinismus durch die Bemerkung ad absurdum zu führen sucht, der Übergang vom Eierlegen zum Lebendgebären bei den Säugetieren bedeute keinen Nutzen für die Erhaltung des Individuums und der Art, er stelle im Gegenteil den Erwerb einer „geradezu gefährlichen Fortpflanzungsart“ dar. Derartige Betrachtungen zwingen uns gewiß nicht, den Darwinismus „in die Rumpelkammer zu legen“. Es gilt vielmehr zu prüfen, ob vor den im Laufe der letzten 20 Jahre gewonnenen Erkenntnissen die *Grundlagen* des Darwinismus — und Entsprechendes gilt für den Lamarckismus — bestehen bleiben. Diese Prüfung vermißt man indessen bei *Dürken*. Was er an Einwänden gegen den Darwinismus anführt, das ist im wesentlichen das, was man bereits aus *O. Hertwigs* und anderer Kritik kennt. Daß aber die Ergebnisse der neuzeitlichen Vererbungswissenschaft tatsächlich eine Rückkehr zu *Darwin* in weitgehendstem Maße bedeuten, darüber sagt *Dürken* nichts. Man könnte es ihm nicht wehren, wenn er einen anderen Standpunkt vertreten würde als diesen, den sich wohl die meisten Genetiker zu eigen gemacht

haben, und man erwartet über seinen eigenen Standpunkt in dem Kapitel „Kritik des Neu-Darwinismus“ einiges zu finden. Was jedoch der Verfasser hier bekämpft, das ist nicht etwa die Anschauung der heutigen Darwinianer, sondern die Anschauung *Weismanns*. Es ist aber eine direkte Irreführung des Laienpublikums, wenn *Dürken Weismanns* Keimplasmalehre mit dem heutigen Darwinismus identifiziert. Wenn auch wichtige Teile dieser Lehre übernommen worden sind, so hat sich doch anderes als unhaltbar erwiesen, so *Weismanns* Annahme einer erbungleichen Verteilung der Determinanten im Verlaufe der Embryogenese, und gerade diese Annahme benutzt *Dürken* zur Kritik gegen den Neu-Darwinismus! Alles in allem muß man sagen, daß die ganze Darstellung durchaus nicht dazu angetan ist, den Laien ein objektives Bild über die Stellung der heutigen Biologie zum Darwinismus gewinnen zu lassen. Man muß sogar damit rechnen, daß Nicht-Biologenkreise, die Darwinismus und Abstammungslehre gleichzusetzen und beides abzulehnen pflegen, das Buch für ihre Zwecke ausnützen werden, und so fürchte ich, daß es nicht das Gute stiften wird, was man von einem solchen Buche wünscht.

Wenige Worte seien noch zu *Dürkens* Kritik des Lamarckismus gesagt. Gegen diesen macht er viel weniger energisch Front als gegen den Darwinismus, und wer die übrigen Veröffentlichungen des Verfassers kennt, weiß ja auch, daß es im Grunde eben doch lamarckistische Vorstellungen sind, denen *Dürken* huldigt. Inwieweit derartige Vorstellungen heute Berechtigung haben, soll hier nicht näher untersucht werden. Nur so viel sei gesagt, daß in dem endlosen Streit um die Grundfrage des Lamarckismus, die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften, Anhänger und Gegner viel aneinander vorbeigestritten haben lediglich deshalb, weil sie sich nicht vorher darüber geeinigt haben, was unter „Vererbung“ und was unter einer „erworbenen Eigenschaft“ zu verstehen ist. Je nachdem, wie man heute den Begriff der Vererbung faßt, kann man unter Umständen sehr wohl die Möglichkeit der „Vererbung“ einer erworbenen Eigenschaft zugeben, ohne deshalb mit den sonstigen Ergebnissen der Vererbungswissenschaft in Konflikt zu geraten. Auch wenn wir in dieser Weise dem Lamarckismus durch eine weite Fassung des Vererbungsbegriffes — Referent hält sie nicht für zweckmäßig — einen gewissen Raum in einer modernen Evolutionstheorie gönnen, so bedeutet das doch bei weitem keine Rückkehr zu *Lamarck* in dem Maße wie im übrigen zu *Darwin*. Durch die neuere Vererbungslehre sind beide Evolutionstheorien stark modifiziert worden, den Sieg aber hat *Darwins* Lehre davongetragen.

Hans Nachtsheim, Berlin-Dahlem.

Uhlmann, Eduard, Entwicklungsgedanke und Artbegriff in ihrer geschichtlichen Entstehung und sachlichen Beziehung. Jena, Gustav Fischer, 1923. 116 S. 14 × 22 cm. Preis Gz. 3.

Die Geschichte der beiden Begriffe, deren Beziehung ein zentrales Problem der gegenwärtigen Biologie ausmacht, wird von *Heraklit* bis *Johannsen* dargestellt, ausführlich von *Linné* bis *Ch. Darwin*. Die Arbeit sucht sich, in der Tendenz sich nicht einseitig festzulegen, von einer Bevorzugung des historischen Entwicklungsbegriffes fernzuhalten, und hebt daher z. B. die Bedeutung *Platos* für den Artbegriff hervor, ohne der Gefahr zu unterliegen, moderne Gedanken in alte Worte hineinzuinterpretieren. Überall wird das Quellenmaterial in seinen charakteristischen Stellen selbst wiedergegeben. So gewinnt

man ein Bild von den wechselnden inhaltlichen Theorien und von der erstaunlichen Fülle der verschiedensten Art- und Entwicklungsbegriffe.

Die Arbeit ist für den Theoriengeschichtler wertvoll, weil in ihr ein lehrreiches und wegen seiner Beziehungen zum allgemeinen Problem der Historie interessantes Beispiel für die eigentümlich verschlungenen Linien erscheint, in denen die allmähliche Sonderung und Klärung von ursprünglich ungesonderten Fragekomplexen vor sich zu gehen pflegt. Diese Linien werden sich allerdings erst dann ganz überblicken lassen, wenn die Biologie zu einer begrifflichen Klarheit über die vielgestaltigen Art-, Verwandtschafts- und Genesebegriffe, über ihre Beziehung zueinander und zu den Problemen der Systematik und Historie gekommen sein wird, an der gegenwärtig von verschiedener Seite gearbeitet wird. Aber gerade auch für diese sachliche Klärung leistet eine solche, spezielle theoriengeschichtliche Untersuchung wesentliche Dienste.

Kurt Lewin, Berlin.

Haecker, Valentin, Über umkehrbare Prozesse in der organischen Welt. Abhandl. z. theoretischen Biologie herausgeg. von Julius Scharrel, H. 15. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1922. 39 S., 15×24 cm., Preis Gz. 1,50.

V. Haecker bespricht die wichtige Frage, ob es in der Lebewelt umkehrbare Prozesse gibt, im Wachsen, in der Fortpflanzung, in den Differenzierungen des Körpers. Er behandelt diese Frage in der Betrachtung der Ontogenese und in der Betrachtung der paläontologischen Funde, wo nach dem von Dollo aufgestellten Gesetz die Wiederholung derselben Bildungen, nachdem sie einmal sich zurückgebildet haben, aus denselben Elementen geleugnet wird. Bei der Besprechung des gedankenreichen Aufsatzes können nur wenige von den mitgeteilten Ableitungen, und auch diese nur ohne Erwähnung der tatsächlichen Befunde, aus denen sie abgeleitet werden, hier mitgeteilt werden. Die Entwicklungsgänge und Umbildungsprozesse sind vorzugsweise vom zoologischen Standpunkte aus betrachtet; der botanische, welcher für diese Fragen vielleicht größere Möglichkeiten bietet, ist nicht von eigener Forschertätigkeit her, sondern mehr referierend berücksichtigt. Von beiden aus sind ansehnliche Beweise für rückwärtelaufende Prozesse (Reversion) und für Wiederholung früherer Formen (Iteration) zu finden, aber selten und nie ganz streng.

Im allgemeinen tritt nach einer Rückbildung von Organen niemals wieder dasselbe Organ in die Erscheinung. Auch da, wo morphologisch früheren gleiche Bildungen in weiterer Entwicklung sich wiederum ausbilden, entstehen sie auf andere Weise und aus anderen Grundlagen. Solche Vorgänge sind in der Natur nicht selten. Haecker führt deren eine ganze Menge von Beispielen an, wo gleichfunktionierende Spezialisierungen in verschiedenen Altersperioden eines Tierstammes auf ganz verschiedener Basis, nach dazwischenschiebender Umbildung und Rückbildung, entstanden sind. Es gibt keine Rückbildung und Umkehr, sondern nur Vorwärtsentwicklung, deren Form freilich früheren Gestaltungen gleichen kann, aber dennoch stets ein jüngerer, weiter von der Urform entfernt, nie ein früher schon einmal dagewesener alter Zustand ist. So können gleichaussehende Eigenschaften dennoch in ihrem Zustandekommen sehr weit voneinander entfernt sein, und während bei naheverwandten Varietäten ein Hin- und Herwechseln um einen zentralen Zustand möglich ist, kann dieselbe Erscheinung bei entfernter miteinander verwandten Arten durch ganz verschiedene

entwicklungsgeschichtliche Vorgänge entstanden sein, also bei gleichem Aussehen doch eine ganz verschiedene Entstehungsweise haben. Nur im ersten Fall ist ein Zurückgleiten auf ähnliche Formen, möglich, im letzteren kann eine gleichsinnige Änderung nicht erwartet werden. Wenn überhaupt Prozesse in der Tierwelt umkehrbar sind, dann können es nur solche sein, die auf ganz einfachen Bildungswegen beruhen, z. B. einem einzelnen Entwicklungsmechanismus oder Chemismus. Eine einmal zustandegekommene Abweichung von der Norm kann dann nicht bloß durch Kreuzung mit normalem Blut, sondern wohl auch ohne diese, allein durch Wiedereintreten normaler Verhältnisse, zum Stillstand kommen. Es kann Rückkehr zur Norm eintreten und von dieser durch Umkehr wiedererlangten Norm ein neuer Aufstieg nach irgendeiner Seite.

F. Pinkus, Berlin.

Hoffmann, Hermann, Vererbung und Seelenleben. Einführung in die psychiatrische Konstitutions- und Vererbungslehre. Berlin, Julius Springer, 1922. V, 258 S., 104 Abbildungen und 2 Tabellen. 15×23 cm. Preis geh. 8,50; geb. 10,50 Goldmark.

Das vorliegende Werk von Hoffmann ist die erste monographische Behandlung der psychiatrischen Vererbungslehre. Es ist klar, daß die Erblichkeitsforschung im Bereich der menschlichen Psychiatrie auf besondere Schwierigkeiten stößt: einmal, weil Vererbungsstudien beim Menschen ganz allgemein durch die Unmöglichkeit rationeller Kreuzungsversuche behindert werden, und dann besonders in der Psychiatrie, weil es sich nicht um zahlenmäßig faßbare Merkmale handelt und der Forscher hinsichtlich der Aszendenz und Deszendenz häufig genug auf die unsicheren Angaben der Probanden angewiesen ist. So braucht es uns nicht zu wundern, daß die Wissenschaft noch nicht soweit in die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung eingedrungen ist wie in jene vieler anderer biologischer Erscheinungen.

Das Buch gliedert sich in eine Darstellung der erblologischen Grundlagen, der Anwendung der Vererbungsgesetze auf menschliche Verhältnisse, der psychischen Konstitution, der nervösen Entartung und schließlich der Ergebnisse der Erblichkeitsforschung. Den Ausführungen über die Konstitutionsart sind nach den Untersuchungen von Kretschmer die beiden großen Konstitutionsgruppen, der zylothymen und der schizothymen Temperamente zugrunde gelegt; daneben werden die epileptoide Konstitution und die mannigfaltigsten Konstitutionslegierungen behandelt. Die Konstitutionsforschung führt direkt zur Erblichkeitsforschung hinüber: „Man darf nicht bei der präpsychotischen Persönlichkeit des Kranken selbst Halt machen. Vielmehr ist es mit der Charakterologie gerade so wie mit dem Körperbau, daß die klassischen Züge eines Konstitutionstypus zuweilen bei den nächsten Angehörigen klarer gezeichnet sein können als beim Patienten selbst“ (Kretschmer). Daraus ergibt sich die zunächstliegende Bedeutung der Erblichkeitsforschung für die klinische Psychiatrie, die Hoffmann als hereditäre *Vizinitätsregel* bezeichnet: „Treten zwei klinische Abnormitäten, die in der Systematik als selbständige Einheiten geführt werden, besonders häufig in enger hereditärer Nachbarschaft nebeneinander in einer Familie auf, so ist damit eine biologische Verwandtschaft, die Beteiligung gleicher Konstitutionselemente, bewiesen.“ Weitere Aufgabe ist es dann für jede Erscheinung, die als konstitutionelle Eigenschaft bei einem Individuum angetroffen wird, die Erklärung in der Aszendenz zu geben. Die Aszendenz ist die

Quelle der individuellen Konstitution. Die Konstitutionslehre läßt sich nur mit Hilfe der Erbforschung erfassen.

Von den vielen Ursachen für das Zustandekommen der nervösen Entartung werden die Keimschädigung und die Fruchtbeschädigung nur kurz berührt und nur die Vererbung ausführlich behandelt. Hinsichtlich der Keimschädigung ist die Forschung noch nicht zu einer eindeutigen Antwort gekommen, doch sprechen einzelne Beobachtungen (besonders *Holtscher*) stark für die Möglichkeit einer alkoholischen Keimschädigung („Zeugung im Rausch“). Auch die Verhältnisse der Fruchtbeschädigung, besonders durch Lues, sind noch wenig geklärt. Zwar ist es sicher, daß die Gefahr einer kongenitalen Lues bei den Kindern syphilitischer Eltern sehr groß ist, aber neben diesen kongenitalen luetischen Abnormalitäten spielen sicher gerade in der Deszendenz von Paralytikern konstitutionelle Minderwertigkeiten eine wichtige Rolle, die eine zwanglose Erklärung durch die Heredität finden. Auf dem Wege der Vererbung kommt die nervöse Entartung jedenfalls durch bestimmte Keimkombinationen zustande, so daß z. B. eine Dementia praecox aus der schizoiden elterlichen Keimanlage als Kombination latenter pathologischer Anlagen entsteht.

Wir können auf die vielen interessanten Einzelheiten über die Vererbung im zyklischen Konstitutionskreis (manisch-depressives Irresein) und im schizothymen Konstitutionskreis (Dementia praecox) nicht eingehen. Erwähnt sei nur, daß es sich jedenfalls beim manisch-depressiven Irresein, dem ein konstitutioneller Reaktionstypus zugrunde liegt, um einen komplizierten Fall *dominant geschlechtsbegrenzter* Vererbung handelt, während bei der Schizophrenie die indirekte, kollaterale Vererbung, das „Abreißen“ der Anomalie in der direkten Linie, die Regel ist; es kann sich hier also nur um *rezessiven* Erbgang handeln, wenn auch der einfach rezessive Modus nicht vorliegt. Die Fälle von Konstitutionslegierungen und intermediären Psychosen bilden ein noch sehr wenig erforschtes Gebiet. Weiter werden dann die paranoide Melancholie, Paraphrenien, Paranoia, Querulantenwahn, Verfolgungswahn, Zwangsneurose, Moral insanity, sexuelle Perversitäten und schließlich die genuine Epilepsie behandelt. Bei der letzteren sind von besonderem Interesse die starken erbbiologischen Zusammenhänge, die zwischen Epilepsie, Sprachstörung und Linkshändigkeit bestehen. Mit Vorliebe treten diese Erscheinungen innerhalb des gleichen Familienkreises auf, gelegentlich in individueller Kombination, meist auf verschiedene Geschwister verteilt, außerdem bestehen noch Beziehungen zur Enuresis nocturna. Der Erbgang der Epilepsie ist wohl gewöhnlich rezessiv, wie jener der Schizophrenen und paraphrenen Erkrankungen.

Der Verfasser schließt seine Ausführungen mit einigen Worten über die praktischen Ziele der Erbforschung ab. Die nächsten Maßnahmen sollen sich auf die Fernhaltung schädigender Keimgifte (luetische Infektion, chronischer Alkoholismus) und gegen die Vererbung genotypischer Entartung richten. Besonders muß vor der Verbindung von Gliedern schizophrener Familien untereinander und ebenso zirkulärer Familien untereinander gewarnt werden (bei schon erkrankten Individuen besteht für die Kinder bei Schizophrenen und Epileptikern eine Erkrankungs-wahrscheinlichkeit von 10 %, bei den Zirkulären etwa von 40 %). „Eine unzumutbare Heirat kann bei der nicht so sehr seltenen Dominanz der geistigen Beschränktheit die schwerste Degeneration nach sich

ziehen.“ Hinsichtlich der Inzucht kommt *Hoffmann* zu dem Ergebnis, daß nicht schlechthin jegliche Inzucht Gefahren für die Nachkommen in sich birgt, daß vielmehr die *Qualität* des Inzuchtmaterials für die *Qualität* der folgenden Generationen verantwortlich zu machen sind. Verwandtschaftsheiraten gesunder Individuen aus gesunden Familien sind ungefährlich. Inzuchtkreuzungen gesunder Individuen aus erbkranken Familien sind nur dann gefährlich, wenn es sich um rezessive Anomalien handelt. „Den ausgeprägten Typen des schizoiden moralischen Schwachsinn sollte im Interesse der Allgemeinheit auf gesetzlichem Wege die Kinderzeugung unmöglich gemacht werden.“

Hoffmann verarbeitet in seinem Buche eine Fülle interessanter Stammtafeln, auf die wir hier natürlich nur hinweisen können. Der einführende Teil über die erbbiologischen Grundlagen und die Anwendung der Vererbungsgesetze auf menschliche Verhältnisse scheint dem Referenten nicht sehr glücklich (besonders die Terminologie und die Schemata). Der Verfasser gibt für den Menschen diploid 24 (23), haploid 12 (11) Chromosomen an, ohne überhaupt zu erwähnen, daß auch andere Angaben existieren — das ist um so merkwürdiger, als durch die schöne Arbeit von *K. Oguma* und *H. Kihara* (Jap. Journ. of Zool. 1, 21) die Angaben *Winnicarters* wohl als bewiesen gelten können, wonach die diploide Chromosomenzahl in den Spermatogonien 47, in den Oogonien 48 beträgt.

W. Landauer, Heidelberg.

Scheidt, Walter, Einführung in die naturwissenschaftliche Familienkunde (Familienanthropologie). München, I. F. Lehmann, 1923. VI, 216 S. und 14 Textabb. 15×23 cm. Preis Gz. geh. 5; geb. 8.

Namhafte Vertreter der Anthropologie, der Lehre von den Rasseeigenschaften, haben in den letzten Jahren erkannt, daß auch sie in ihrer Wissenschaft ohne Zuhilfenahme der familiären, erblichen Zusammenhänge bei der Lösung so vieler Fragen, wie z. B. der Entstehung der Mischrasen usw., nicht durchkommen und daß auch sie den Anschluß an die moderne Vererbungswissenschaft nicht mehr entbehren können.

Das vorliegende Buch läßt diesen gewaltigen fortschrittlichen Umschwung so recht erkennen und ist um so erfreulicher, als es in gemeinverständlicher Weise geschrieben ist.

Es erörtert zunächst die Grundlagen, Begriff und Aufgaben der naturwissenschaftlichen Familienkunde und die Bedeutung von Vererbung, Umwelt und Rasse für Familie und Person. Im zweiten Teil setzt es die Arbeitsweisen der neuen Wissenschaft auseinander, gibt Anleitung zur Anordnung der Beobachtungen, zur Bestimmung der Verwandtschaftsverhältnisse, zur Personenbeschreibung und -geschichte, Familiengeschichte und -zählung und zur unmittelbaren anthropologischen Beobachtung der einzelnen Familienglieder, sowie zur vererbungswissenschaftlichen Auswertung familienkundlicher Erhebungen.

In einem eigenen Kapitel wird noch der große Wert der Familienanthropologie für Wissenschaft und Leben kurz und überzeugend dargelegt. Zum Schluß ein Schriftenverzeichnis und eine Reihe wertvoller Beobachtungs- und Fragebogen, welche mit zum Rüstzeug aller derer gehören müssen, welche in der Familienkunde nicht bloße Aufzählung mehr oder weniger historischer, heraldischer und dgl. Äußerlichkeiten sehen, sondern die Lehre von den familiären Zusammenhängen körperlicher und seelischer Ver-

anlagung und ihrer Beziehungen zu Gesundheit, Kultur, Wohlstand, Glück.

Das Buch ist klar und anregend geschrieben und wertvoll für Gebildete aller Stände, welche der Familienkunde einen gediegenen naturwissenschaftlichen Untergrund geben wollen. Allen Menschen mit Liebe zu ihrer Familie und mit dem Wunsche, zu erfahren, warum und wie man richtige Familienkunde treiben soll, sei des Verfassers Schrift daher wärmstens zur Anschaffung empfohlen.

Ernst Rüdin, München.

Stomps, Th. J., Erbllichkeit und Chromosomen. Eine gemeinverständliche Darstellung. Aus dem Holländischen ins Deutsche übersetzt von Paul von dall'Armi. Jena, G. Fischer, 1923. 158 S. und 24 Abbildungen im Text nach Zeichnungen des Verfassers. 15×23 cm. Preis Gz. 3,50.

Die vorliegende Schrift stellt die unveränderte Übersetzung eines bereits im Jahre 1921 erschienenen, ursprünglich nur für ein holländisches Laienpublikum bestimmten Werkchens des holländischen Botanikers dar. Im ersten Teil werden die Chromosomen und ihr Verhalten in der ruhenden und der in Vermehrung begriffenen Zelle besprochen, der zweite Teil gibt einen kurzen Einblick in die theoretischen Vorstellungen über die stofflichen Träger der erblichen Eigenschaften, der dritte Teil behandelt sodann in etwas größerer Ausführlichkeit die Chromosomen als die stoffliche Basis der Erbllichkeit. Im ganzen betrachtet kann man das Werkchen als eine brauchbare Einführung in das auch in der deutschen Literatur bereits viel behandelte Thema bezeichnen. Allerdings entspricht es, da schon vor drei Jahren geschrieben, nicht dem

neuesten Stande unseres Wissens auf diesem Gebiete; gerade die letzten Jahre haben uns hier sehr wertvolle neue Erkenntnisse gebracht, von denen in der Schrift überhaupt nicht oder nur ganz kurz die Rede ist. Im übrigen aber zeigt die Schrift von einer sehr großen Belesenheit des Verfassers, auf botanischem wie auf zoologischem Gebiete. Fast tut der Verfasser etwas zuviel des Guten mit den Literaturangaben. Die Schrift soll ja doch für Laien bestimmt sein. Den Laien aber interessiert es gar nicht, wer alles einmal über die Chromosomenverhältnisse der Hemipteren oder der Orthopteren gearbeitet hat. Durch die langen Aufzählungen der Namen wirkt die Lektüre mancher Kapitel geradezu ermüdend. Eine Aufzählung der wichtigsten Arbeiten in dem Literaturverzeichnis hätte vollauf genügt.

Die Übersetzung deutet an vielen Stellen darauf hin, daß der Übersetzer kein Biologe ist. Abgesehen von einzelnen Unklarheiten, die wohl auf eine Unkenntnis der behandelten Materie zurückzuführen sind, hat der Übersetzer augenscheinlich die Namen von Pflanzen und Tieren kurzerhand aus dem Holländischen ins Deutsche übersetzt, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, wie die gebräuchliche Bezeichnung im Deutschen ist. *Melandrium* ist doch allgemein als Lichtnelke bekannt, nicht als „Kuckucksblume“. *Abraxas grossulariata* ist der Stachelbeerspanner, nicht der „Johannisbeerfalter“, die *Plymouth-Rocks* haben gesperbertes oder gegittertes Gefieder, kein „Kuckucksgefieder“ usw. Die Kenntnis von verbreiteten Namen hätte sich der Übersetzer leicht verschaffen können und um so mehr verschaffen müssen, da es sich um ein für Laien berechnetes Buch handelt.

Hans Nachtsheim, Berlin-Dahlem.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Kältewellen, Northers und Blizzards in Nordamerika. Anschließend an meinen in Heft 38 dieser Zeitschrift gegebenen Bericht über eine Arbeit von C. Ward, die die Wärmewellen in Nordamerika behandelte, mache ich hiermit auf eine weitere Mitteilung des gleichen Verfassers aufmerksam, in der er sich in ähnlicher Form mit dem Gegenteil der früher geschilderten meteorologischen Vorgänge, nämlich mit den Kältewellen und dergl. befaßt¹⁾. Die Arbeit ist auch für den Fachmeteorologen deshalb erwähnenswert, weil sie die sonst sehr zerstreute Literatur in guter Vollständigkeit aufführt.

Die Kältewellen, die mit diesem Namen zum ersten Male 1861 in der meteorologischen Literatur bezeichnet wurden, sind typische Begleiterscheinungen der winterlichen Zyklonen, auf deren Nordseite sie in schroffem Gegensatz zu den auf der Südseite unter Schnee- und Regenbildung herangeführten warmen Luftmassen hereinbrechen. Der kalte Nordwest hält bei klarem Himmel und Sonnenschein ein oder mehrere Tage an und erlischt allmählich. Die ihn begleitenden kalten Luftmassen schieben sich in breitem Strome von der kanadischen Grenze in südwestlicher Richtung nach den Golfstaaten oder den Atlantikstaaten in 2 bis 3 Tagen vor. Gespeist werden sie von dem Kaltluftreservoir des zentralen Nordamerikas, wo im Winter sich verschiedene Bedingungen vereinigen, die die Anhäu-

fung kalter Luft ermöglichen. Das Ausbrechen und Abströmen dieser Luft nach Südwesten bilden die Kältewellen, die, weil bremsende Gebirgsketten fehlen, besonders weit nach Süden vordringen können. Welche Teile der Vereinigten Staaten von dem Kaltluftstrom getroffen werden, hängt ganz von der Luftdruckverteilung ab. Liegt die Depression mit ihrem Zentrum über der Nordküste des mexikanischen Golfes, dann drängen die kalten Massen auch von der kanadischen Grenze entlang dem Fuße des Felsengebirges bis zum Golfe vor. Liegt das Depressionszentrum dagegen über dem Gebiet der Großen Seen, so beschränkt sich der Kälteeinbruch auf die nordöstlichen Staaten und erreicht sogar meist nicht die Küste. Dabei üben die großen Wasserflächen der Seen einen bedeutenden Einfluß aus, der dazu beiträgt, die Strenge der Kältewellen wesentlich zu mildern.

Der Hereinbruch einer Kältewelle bedeutet für das Wirtschaftsleben eine recht fühlbare Tatsache, und sobald vom amerikanischen Wetterbureau in Washington eine Kältewelle angekündigt wird, werden die mannigfaltigsten Vorkehrungen getroffen, um ihre Wirkungen, die z. T. sehr schädigend sein können, zu mildern.

Diese Mitteilungen beziehen sich zunächst nur auf die Kältewellen östlich des Felsengebirges, doch treten auch im Westen des Gebirges zeitweise charakteristische Temperaturstürze auf, die nur deshalb schwächer sind, weil das Gebirge einen sehr wirksamen Wall bildet, der den Abfluß der kalten Massen nach Westen zum größten Teil unmöglich macht.

¹⁾ Cold waves, northers and blizzards in the United States. The Scientific Monthly XVI, 450—470, 1923.

In Texas und in den Golfstaaten werden die Kälte- wellen gewöhnlich mit dem Ausdruck „Norther“ bezeichnet. Aus diesen Gegenden werden außerordentlich starke Schwankungen der Temperatur innerhalb kurzer Zeiträume gemeldet. So wird von einem Fall berichtet, in dem die Temperatur von 24°C . in drei Stunden so weit sank, daß sich Eis von einem Zoll Dicke bilden konnte. Man unterscheidet „nasse“ und „trockene“ Northers. Bei der ersten Art beginnt der Temperaturfall, bevor der Regen aufgehört hat, der dann meist in Schnee übergeht. Die Vegetation kann dabei mit einer Glatteisdecke überzogen werden und großen Schaden erleiden. Vom „trockenen“ Norther spricht man, wenn die Abkühlung erst dann eintritt, sobald das Regen- gebiet ostwärts gezogen ist. Northers mit besonders zerstörender Wirkung sind nicht sehr häufig, doch kann es vorkommen, daß sie am Ostufer des Golfes von Mexiko weit nach Süden vordringen, und nachdem sie den Isthmus von Tehuantepek überquert haben, noch am Pazifischen Ozean gespürt werden.

Gefährlich in seiner Wirkung ist dagegen der „Blizzard“, ein scharfer, beißender, unwidderstehlicher Kältesturm, der einen schroffen Temperaturfall herbeiführt und mit feinem trockenem Schnee und scharfen Eisnadeln beladen ist. Seine Bezeichnung wird von dem Worte „blitzartig“ abgeleitet, mit dem deutsche Ansiedler diesen gefürchteten Sturm zuerst bezeichnet haben dürften. In den nördlichen Teilen der Großen Ebenen wütet er am heftigsten, in geringerer Stärke wird er aber auch in anderen Gegenden verspürt. Sowohl Menschen als Tiere können, wenn sie schutzlos vom Blizzard überrascht werden, seiner verheerenden Wirkung erliegen. Am 12. Januar 1888 kamen in den Dakota- staaten 2—300 Menschen und mehrere Tausend Stück Vieh im Blizzard um. Windstärken von mehr als 23 m/sek. und Temperaturen von -30°C . wurden damals festgestellt. Dabei werden sonst die tiefsten Temperaturen — sie können -40°C . erreichen — nicht während der stärksten Winde, sondern erst nach ihrem Aufhören im Gebiet des Aufklarens in der auf die De- pression folgenden Antizyklone beobachtet. Am 11. bis 14. März 1888 unterbrach ein Blizzard für mehrere Tage alle telegraphischen Verbindungen in Süd- New-York, Ost-Pennsylvanien, New-Jersey und Süd- Neu-England. Schneeverwehungen lagen bis zu 12 m Höhe. Mittlere Windgeschwindigkeiten von 9 bis 11 m/Sek. traten 4 Tage lang auf, die größten Stärken sollen mehr als 32 m/Sek. betragen haben. Der angerichtete Schaden erreichte viele Millionen Dollar. Es ist verständlich, wenn solche Naturereignisse all- gemeine Beachtung finden, die sich auch in der beson- deren Bezeichnung ausdrückt.

K. Knoch.

Expeditionen til Vestgrønland Sommeren 1922. (P. F. Jensen, Meddelelser om Grønland LXIII, S. 205 bis 283, København 1923.) Die Dänische Gradmessung hat unter Leitung ihres kürzlich viel zu jung verstor- benen Direktors Buchwaldt eine Unternehmung begon- nen, welche geeignet ist, die Augen der gesamten wissenschaftlichen Welt auf sich zu richten; es handelt sich nämlich dabei um eine Prüfung der Theorie der Kontinentalverschiebungen durch wiederholte funken- telegraphische Längenbestimmungen, vor allem in Grönland. Oberstleutnant Jensen unternahm zu diesem Zwecke eine als Rekognoszierung bezeichnete Sommer- reise nach Westgrönland, um dort einen für diese Untersuchungen geeigneten Ort zu finden und dort be- reits eine erste Längenmessung mit funkentelegra- phischer Zeitübertragung auszuführen. In der oben ge-

nannten Arbeit berichtet er über die Ergebnisse dieser Reise.

Weil im Innern der Fjorde die Bewölkung geringer als an der Außenküste ist und daher häufiger Ge- legenheit zu astronomischen Beobachtungen geboten ist, legte er die Station im Innern des Godthaab- fjordes bei der Außenstelle Kornok an, errichtete hier einen Beobachtungspfeiler und brachte eine Azimut- marke an. Der von ihm erhaltene Beobachtungssatz, der teils mit Sternen, teils mit der Sonne ausgeführt wurde und die Nauener Zeitsignale benutzte, wird mit großer Ausführlichkeit mitgeteilt. Das Ergebnis ist für Kornok:

	Breite	Länge
aus Sternenbeob.	$64^{\circ} 32' 07'' \pm 1,2''$	$3\text{h } 24\text{m } 22\text{s},5 \pm 0,1$
„ Sonnenbeob.	$64\ 32\ 15 \pm 1,4$	$3\ 24\ 22,5 \pm 0,1$

Die Bedeutung dieser Messung wird naturgemäß erst in Erscheinung treten, wenn sie dem Plane gemäß nach Verlauf von 5—10 Jahren wiederholt werden wird.

Der Bericht enthält ferner noch die zu anderen Zwecken, aber auf gleiche Weise ausgeführten Breiten- und Längenbestimmungen in den Kolonien Godhavn und Julianehaab. Auch hier wird eine spätere Wieder- holung der Längenbestimmung von Interesse sein, wenn auch die Messungen hier aus klimatischen Gründen nicht ganz dieselbe Genauigkeit haben wie in Kornok.

Von Interesse ist aber weiter noch eine Messungs- reihe, welche Jensen außerhalb seines Programms während einer Wartezeit in der Kolonie Godthaab aus- führte. Hier sind nämlich schon 1863 und 1882/83 Längenbestimmungen mit dem Mond ausgeführt wor- den, welche Jensen in einem besonderen Kapitel „Die Verschiebung Grönlands“ mit den seinigen vergleicht, um ein neues Kriterium über die Realität der Längen- veränderung zu erhalten. Das Resultat ist folgendes: Wenn man die Messungen von Falbe und Bluhme aus dem Jahre 1863 mit denen von Ryder aus dem inter- nationalen Polarjahr 1882/83 zu einem Mittel ver- einigt, so ergibt sich die Länge von Godthaab für die mittlere Zeit 1873 zu $3\text{h } 26\text{m } 53\text{s},8 \pm 0\text{s},8$. Beim Ver- gleich mit dem von Jensen 1922 erhaltenen Wert

$$3\text{h } 26\text{m } 58\text{s},7 \pm 0\text{s},1$$

ergibt sich demnach eine Zunahme der geographischen Länge von Godthaab in 49 Jahren um $4,9\text{s}$ oder um 20 m pro Jahr, ein Wert, der nicht nur mit der Ver- schiebungstheorie, sondern auch mit der von J. P. Koch in Nordostgrönland berechneten Längenänderung sehr gut stimmt. Jensen schließt: „Das Resultat der obigen Untersuchung muß also sein, daß auch, wenn nicht die ganz gefundene Längenverschiebung um $4,9\text{s}$ reell sein sollte, doch hierin mit großer Sicherheit ein Aus- druck für die Verschiebung Grönlands nach Westen in dem betrachteten Zeitraum und ein bestätigendes Bei- spiel für Wegeners Hypothese über diese Verschiebung gefunden ist.“

Es ist allerdings anzunehmen, daß manche Fach- leute gegen die Sicherheit dieses Ausspruches Einwen- dungen erheben werden. Denn die älteren Beobach- tungen sind, wie auch Jensen hervorhebt, sehr un- genau. Sie sind damals zu ganz anderen Zwecken aus- geführt worden und daher nicht mit der wünschens- werten Vollständigkeit veröffentlicht. Als Mondbeob- achtungen sind sie mit großen Fehlern behaftet. Dies geht schon aus dem Vergleich der mittleren Fehler hervor, die 1863 und 1882/83 übereinstimmend $1,1\text{s}$ be- trugen, während der mittlere Fehler bei Jensen infolge der viel genaueren funkentelegraphischen Methode nur

0,1s beträgt. Aber außerdem sind bekanntlich die Mondbeobachtungen auch noch mit mancherlei systematischen Fehlern behaftet, welche in der inneren Übereinstimmung der Beobachtungsreihe, also dem mittleren Fehler, nicht zum Ausdruck kommen. Kurz, es lassen sich gegen diese von *Jensen* ausgeführte Längenvergleichung, wenigstens soweit es die älteren Beobachtungen betrifft, dieselben Einwände erheben, welche *Burmeister*¹⁾ gegen *Kochs*²⁾ Ableitung der Verschiebung Nordostgrönlands an den Mondbeobachtungen von 1823 (*Sabine*), 1870 (*Börger* und *Copeland*) und 1907 (*Koch*) vorgebracht hat. Wer also einen völlig einwandfreien quantitativen Nachweis fordert, wird einen solchen auch in diesem neuen Vergleich nicht sehen, sondern die Wiederholung der Längenmessung in Kornok nach

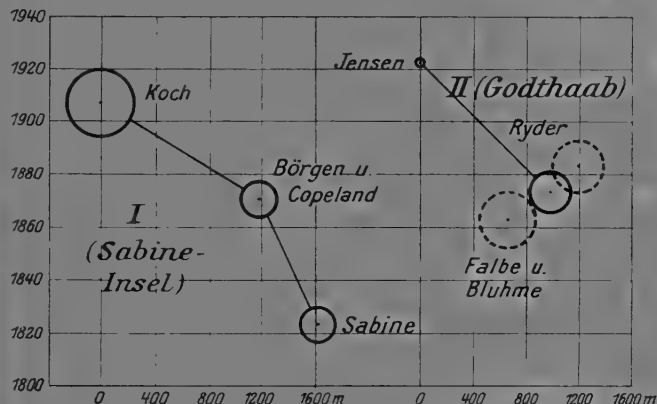


Fig. 1. Die bisherigen Längenbestimmungen auf Sabine-Insel und in Godthaab.

einer Reihe von Jahren abzuwarten haben. Aber andererseits muß auch berücksichtigt werden, daß nun schon eine ganze Anzahl solcher Vergleiche vorliegt, deren Ergebnisse stets auf eine Verschiebung Grönlands hinweisen. Es kann keine Frage sein, daß die größere Unsicherheit der Mondbeobachtungen hierdurch zu einem Teil kompensiert wird. Wir brauchen nur daran zu denken, daß es doch auch möglich ist, die Bahn eines Meteors mit relativer Sicherheit aus einer größeren Anzahl von Beobachtungen abzuleiten, welche einzeln für sich genommen der Kritik keineswegs standhalten können. In der vorstehenden Figur sind die bisher für diese Frage zur Verfügung stehenden Beobachtungen eingetragen, wobei der Radius der einzelnen Kreise nach Maßgabe der Skala auf der Abszissenachse gleich dem mittleren Fehler der Messungsreihe in Metern gewählt ist, wodurch sogleich die größere Genauigkeit der *Jensenschen* Beobachtungen in die Augen springt. Die Beobachtungen unter I beziehen sich auf die Sabineinsel in Nordostgrönland, die unter II auf Godthaab in Westgrönland. Hier sind neben dem oben genannten Mittel der älteren Beobachtungen auch noch die Werte von 1863 und von 1882/83 selbst eingetragen; ihr Unterschied würde allerdings in entgegengesetzter Richtung gehen, allein bei der Kürze der Zwischenzeit darf man hierin wohl

nur den Einfluß ihrer Ungenauigkeit sehen. Jede von ihnen gibt aber, mit *Jensens* Beobachtungen verglichen, eine mit der Zeit zunehmende Länge. Im ganzen haben wir also bereits vier voneinander unabhängige Vergleiche (*Koch-Börger* und *Copeland*, *Koch-Sabine*, *Jensen-Falbe* und *Blume*, *Jensen-Ryder*), welche sämtlich im Sinne der Längenverschiebung ausfallen. Dies gibt nach Ansicht des Referenten eine Erklärung für die große Sicherheit, mit welcher *Jensen* sich für die Realität der Verschiebung ausspricht.

Um zu zeigen, daß er mit diesem Urteil nicht allein dasteht, sei es gestattet, hier die Worte zu wiederholen, welche der damalige Chef der Dänischen Gradmessung, Direktor *Buchwaldt*, am 24. November 1922 bei einer Festsetzung von Danmarks Naturvidenskabelige Samfund in einer Rede geäußert, in der er zum ersten Male *Jensens* Resultate bekanntgab³⁾:

„*Koch* hat das erste numerische Resultat zur Stütze der Verschiebungshypothese geliefert. *Jensen* ist es nun gelungen, deren Plausibilität fast in Sicherheit zu verändern.“

Das Wörtchen „fast“ möge uns aber daran erinnern, daß die volle Sicherheit erst von der Fortsetzung der Beobachtungen in Kornok zu erwarten ist.

Alfred Wegener.

Der Salzgehalt des Toten Meeres und des Jordanflusses. Der normale Salzgehalt des Ozeans ist rund 35 ‰, d. h. in 1000 g Lösung befinden sich 35 g Salz. In einigen Randmeeren, wie z. B. dem Persischen Golf, steigt der Salzgehalt bis wenig über 40 ‰, höhere Salzgehalte aber kommen in den mit dem Ozean in Verbindung stehenden Meeresteilen nicht vor. Ganz anders ist es in den abflußlosen Binnenseen. Nach den von *Halbfaß* (Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde, Berlin 1923) gegebenen Zusammenstellungen ist in einigen bis zu dem Zehnfachen des für den Ozean normalen Salzgehaltes gemessen worden, z. B. in einigen Salzseen auf der Halbinsel Krim 36 ‰! Die Zusammensetzung dieser Salze ist außerdem eine von der ozeanischen völlig abweichende. Für den Ozean gilt die Regel, daß das Verhältnis der einzelnen Komponenten des Salzgehaltes zueinander konstant ist, daß also bei einer Steigerung des Salzgehalts von 32 auf 40 ‰ bei allen einzelnen Komponenten eine Zunahme um $\frac{1}{4}$ vorhanden ist. Nur in der Nähe der Mündung mancher Flüsse ist dies Verhältnis etwas gestört. Dies ist z. B. im Bereiche der deutschen Flüsse der Fall, durch diese wird dem Meere besonders Kalk in großen Mengen aus den Kalkgebieten Mitteldeutschlands zugeführt. — In den abflußlosen Seen ist nun die Zusammensetzung der Salze sehr schwankend; sie ist durch die geologische Beschaffenheit des Zufuhrgebietes und durch die verschiedene Löslichkeit der einzelnen Komponenten bestimmt. Die Verhältnisse im Jordanflusse und im Toten Meere, über die *Wilfred Irving* kurz vor dem Kriege einige Untersuchungen ausgeführt hat, bieten für diese Tatsachen ein Beispiel (The Salts of the Dead Sea and River Jordan, The Geographical Journal vol. 61, Nr. 6, June 1923, p. 428—440).

Als Ergebnis der Analyse einer Wasserprobe vom Nordende des Toten Meeres findet *Irving* folgendes:

¹⁾ *F. Burmeister*, Die Verschiebung Grönlands nach den astronomischen Längenbestimmungen. Peterm. Mitt. 1921, S. 225—227.

²⁾ *J. P. Koch* in Danmark-Ekspeditionen til Grönlands Nordøstkyst 1906—08 under Ledelsen af L. Mylius-Erichsen, Bd. 6 (Meddelelser om Grönland XLVI), København 1917, insbesondere S. 240 „The drift of North Greenland in a westerly direction“.

³⁾ Anlässlich dreier Vorträge, welche Referent auf Einladung von D. Naturvid. Samf. am 23.—25. Nov. 1922 in Kopenhagen hielt. Siehe A. Wegener, Tre Foredrag holdte i Danmarks Naturvidenskabelige Samfund 1922: I. Kontinenternes Forskydning, II. Jordskorpens Natur, III. Fortidens Klimater. København 1923.

	%	in 1000 g Lösung		in % ca.
Cl	66,46	NaCl	71,7 g	37
Br	—	MgCl	95,0 "	49
SO ₄	0,46	CaCl	21,8 "	11
Na	14,41	KCl	5,5 "	3
K	1,48	CaSO ₄	1,3 "	0,7
Ca	4,28		195,3 g	
Mg	12,29	Wasser	804,7 "	
Kiesel- und Kohlensäure	Spuren			
		1000,0 g	100,0	

Der Salzgehalt war also 195 ‰. Daß aber nicht nur der Salzgehalt ungleich höher ist als der ozeanische, sondern auch die Zusammensetzung völlig anders, zeigt ein Vergleich mit dem mittleren Ergebnis von 77 Analysen von Seewasserproben, die auf der Challenger-Expedition gesammelt worden sind.

	in 1000 g Lösung	in % ca.
NaCl	27,213 g	77
MgCl ₂	3,807 "	11
MgSO ₄	1,653 "	5
CaSO ₄	1,260 "	4
K ₂ SO ₄	0,863 "	2,5
CaCO ₃	0,123 "	0,4
MgBr ₂	0,076 "	0,2
35,000 g		100,0

Während Kochsalz im Ozean 77 % des gesamten Salzes ausmacht, bildet es im Toten Meere nur 37 %, die Magnesiumsalze sind dagegen im Toten Meere mehr als dreimal so stark vertreten wie im Ozean.

Besonders bemerkenswert ist nun, daß die oben für das Nordende des Toten Meeres angegebene Zusammensetzung nicht für das ganze Meer gültig ist, sondern von Ort zu Ort stark schwankt. Dies folgt bereits aus den alten, von Terreil gewonnenen Analysen. Er fand für das Oberflächenwasser des nördlichen Toten Meeres ähnliche Werte wie Irving, für das Oberflächenwasser

am Südense und außerdem für das Wasser der tieferen Schichten aber ein noch weit stärkeres Hervortreten des Magnesiums. Die beiden vorstehenden Zahlenreihen zeigen dies.

Trotz wesentlicher Vergrößerung des Gesamtsalzgehalts weisen die Natriumsalze nicht nur relativ, sondern sogar absolut eine Abnahme auf. Dies wird darauf zurückzuführen sein, daß im südlichen Teil des Toten Meeres Salze zur Ablagerung gelangen und daß diese zum beträchtlichen Teil Natriumsalze sind, während die leichter löslichen Magnesiumsalze in Lösung bleiben. Hiermit stimmt die Beobachtung überein, daß Salzablagerungen am Boden des Sees im Norden nicht, wohl aber im Süden festgestellt sind. Auch sind am Ufer des südlichen Toten Meeres große Salzmen gen abgelagert, ebenso auf der Halbinsel „El Lisan“. Woher stammen nun diese großen Salzmen gen des Toten Meeres? Daß eine wesentliche Zufuhr aus dem Mittelländischen Meere stattfindet, ist wegen der völlig abweichenden Zusammensetzung der Salze nicht wahrscheinlich, wir müssen vielmehr annehmen, daß sie durch den Jordan zugeführt werden. Irving hat nun nachgewiesen, daß das Wasser des Jordans tatsächlich salzhaltig ist. Der Gehalt an NaCl war in einer bei Jericho entnommenen Probe 0,36 ‰ Cl dies würde bei Benutzung der für ozeanische Verhältnisse gültigen Formel: $S = 0,030 + 1,8050 \cdot Cl$ schon einem Salzgehalt von 0,68 ‰ entsprechen. Der tatsächliche Salzgehalt dürfte erheblich höher sein. Selbst weiter aufwärts, im Meromsee und im Tiberiassee hat das Wasser einen beträchtlichen Salzgehalt. Irving fand folgendes:

	Meromsee	Tiberiassee	
		Zufluß	Ausfluß
Na	0,0128	0,0128	0,0133
Mg	0,0026	0,0036	0,0028
Cl	0,0230	0,0230	0,0240
Ca	0,0056	0,0056	0,0048
SO ₄	0,0039	0,0039	0,0038
SiO ₂	0,0017	0,0013	0,0013
K	—	—	—

(Angaben in g pro 100 ccm Lösung)

Im Gegensatz zum Toten Meere tritt hier der Gehalt an Magnesium dem an Natrium gegenüber stark zurück. Während im Meromsee das Mengenverhältnis dieser beiden Basen etwa 1 : 5 ist, haben wir in den tieferen Schichten des südlichen Toten Meeres infolge der Ausscheidung von Natriumchlorid etwa 3 : 1!

Es kann kein Zweifel sein, daß die Quellflüsse des Jordan bereits gelöste Salze in den Meromsee bringen. Wie weit nun weiter durch die Nebenflüsse des Jordan Salze zugeführt werden, ist noch unbekannt. Die von Irving angekündigten weiteren Untersuchungen über die in den einzelnen Teilen des Jordan, der Nebenflüsse und auch der Quellen enthaltenen Salze werden weitere Aufklärung bringen. Wünschenswert wäre, die geologische Beschaffenheit des Zufuhrgebietes und auch die Zusammensetzung der im Toten Meere abgelagerten Salze mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Biologisch von Interesse ist, daß Fische im Toten Meere nur in unmittelbarer Nähe der Mündung des Jordan vorkommen.

Bruno Schulz.

Zusammensetzung des Salzgehaltes im Toten Meere		
	an der Oberfläche des nördlichen Teiles	in 300 m Tiefe des südlichen Teiles
Cl	65,81 ‰	67,30 ‰
Br	2,37	2,72
SO ₄	0,31	0,24
CO ₃	Spuren	Spuren
Na	11,65	5,50
K	1,85	1,68
Ca	4,73	6,64
Mg	13,20	15,99
SiO ₂	Spuren	Spuren
		100,0 ‰
Gesamtsalzgehalt:	192 ‰	259 ‰

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 51. (Seite 985—1000.)

21. Dezember 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Über die Bedeutung von Ionen für den Chemismus der Muskelkontraktion und den Ablauf fermentativer Reaktionen. Von *Gustav Embden, Frankfurt a. M.* (Mit 7 Abbildungen.) S. 985.

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung: Historische Geologie. Von *E. Wepfer, Freiburg i. Br.* (Schluß.) S. 989.

Besprechungen:

Goldschmidt, Richard. Einführung in die Vererbungswissenschaft. 4. Auflage. Von *O. Renner, Jena.* S. 996.

Freundlich, H. Kapillarchemie. 3. Auflage. Autoreferat. S. 996.

Euler, Hans. Chemie der Enzyme. 2. Auflage. II. Teil. Spezielle Chemie der Enzyme. 1. Abschnitt: Die hydrolysierenden Enzyme der

Ester, Kohlehydrate und Glukoside. Von *Felix Ehrlich, Breslau.* S. 997.

Prjanischnikow, D. N. Die Düngelähre. Von *Adolf Mayer, Heidelberg.* S. 998.

Ewald, P. P. Kristalle und Röntgenstrahlen. Von *P. Niggli, Zürich.* S. 998.

Schoenflies, Arthur. Theorie der Kristallstruktur. Von *P. Niggli, Zürich.* S. 999.

Gleichen, A. Die Theorie der modernen optischen Instrumente. 2. Auflage. Von *A. König, Jena.* S. 999.

Kepler, Johannes. Mysterium Cosmographicum. Das Weltgeheimnis. Von *A. Kopff, Heidelberg.* S. 1000.

Bjerknes, V. Untersuchungen über elektrische Resonanz. Von *A. Landé, Tübingen.* S. 1000.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschienen:

Isostasie und Schweremessung

Ihre Bedeutung für geologische Vorgänge

von

Dr. A. Born

a. o. Professor der Geologie an der Universität Frankfurt a. M.

Mit 31 Abbildungen. (IV, 160 S.)

9 Goldmark / Für das Ausland 2,20 Dollar

Inhaltsübersicht:

Die Lehre von der Isostasie — Die Voraussetzungen — Die Schweremessung — Der heutige Gleichgewichtszustand der Erdkruste — Pseudo-Anisostasien — Theoretische Erörterungen zum Ablauf isostatischer Vorgänge — Isostasie und Orogenese — Diluviale Vereisung und Isostasie — Sedimentation und Abtragung — Die ozeanischen Vulkaninseln — Isostasie und Erdbeben — Lokale und regionale Kompensation — Isostasie und Großformen der Erde — Nachtrag.

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark. Einzelnummer 0,80 Goldmark zuzüglich Porto.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher. Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck- Konten	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9.

Untersuchungen über die Eigenreflexe (Sehnenreflexe) menschlicher Muskeln

Von

Paul Hoffmann

Privatdozent für Physiologie in Würzburg
a. o. Professor

Mit 38 Textabbildungen (IV, 106 S.) 1922
2,80 Goldmark / Fürs Ausland 0,70 Dollar

VERLAG VON J. F. BERGMANN IN MÜNCHEN

Chemie der Enzyme

Von

Professor **Hans Euler**

Professor der Chemie an der Universität Stockholm

Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage

1. Teil: **Allgemeine Chemie der Enzyme.** Mit 32 Textfiguren und 1 Tafel. (XI, 308 S.) 1920.
21 Goldmark; geb. 24 Goldmark / 5 Dollar; geb. 5,75 Dollar
2. Teil: **Spezielle Chemie der Enzyme.** 1. Abschnitt: **Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside.** Mit 44 Textfiguren. (X, 314 S.) 1922.
21 Goldmark / 5 Dollar

Über die Bedeutung von Ionen für den Chemismus der Muskelkontraktion und den Ablauf fermentativer Reaktionen.

Von Gustav Embden, Frankfurt a. M.

Bei der Muskelkontraktion treten charakteristische *chemische* und *kolloidchemische* Veränderungen auf.

Die am frühesten aufgefundene *chemische* Veränderung besteht in einem Freiwerden von Säure, und zwar, wie erst seit *Fletcher* und *Hopkins* als sichere Tatsache bekannt ist (1)¹⁾, von Milchsäure und, wie weiterhin von meinen Mitarbeitern *Schmitz*, *Meincke*, *Lawaczek* und mir (2 und 3) festgestellt wurde, von Phosphorsäure. Beide Säuren entstehen durch fermentative Spaltung ein und derselben Substanz, die von mir als *Lactacidogen* bezeichnet wurde und die höchstwahrscheinlich mit der bei der Hefegärung auftretenden Hexosediphosphorsäure identisch ist (4).

Die *kolloidchemische* Veränderung äußert sich in einer Permeabilitätssteigerung von offenbar mit dem Sarkoplasma identischen Muskelfaser-grenzschichten (5 und 6).

Tritt Ermüdung des Muskels ein, so kann dies *chemisch*, das heißt durch Verlust an *Lactacidogen*, bedingt oder doch mitbedingt sein. Dies ist der Fall bei der weißen Muskulatur des Kaninchens, während isolierte Frochsmuskeln auch nach lange fortgesetzter, bis zu völliger Erschöpfung führender Reizung keinen den Kontraktionszustand überdauernden *Lactacidogen*-verlust erkennen lassen.

Hingegen zeigen ermüdete Frochsmuskeln ein längeres Fortbestehen der *kolloidchemischen* Veränderung, der Permeabilitätssteigerung, die im Kontraktionsaugenblick eintritt (5). Dieses Fortbestehen der Permeabilitätssteigerung ist allem Anschein nach der Ausdruck einer quellungsartigen Alteration der erwähnten Muskelfaser-grenzschichten, welche mit einer verminderten Alterationsfähigkeit dieser Grenzschichten verbunden ist.

Für das Zustandekommen der Kontraktion ist hiernach eine plötzliche, mit Permeabilitätssteigerung verbundene quellungsartige Alteration der Grenzschichten notwendig, die am ermüdeten Muskel eben wegen der verminderten Alterationsfähigkeit dieser Grenzschichten nicht eintreten kann.

Nach den eben entwickelten Vorstellungen, deren experimentelle Begründung in einer An-

zahl bereits veröffentlichter Arbeiten niedergelegt wurde, ist zum Zustandekommen einer Muskelkontraktion außer einer plötzlichen Säurebildung eine plötzliche Steigerung der Durchlässigkeit notwendig, und die Permeabilitätssteigerung ist demnach ein notwendiges Glied in der Kette der zur Muskelkontraktion führenden Vorgänge.

Die Untersuchungen, über die jetzt berichtet werden soll, geben, wie ich glaube, einen gewissen Aufschluß darüber, in welcher Weise die Permeabilitätssteigerung bei der Muskelkontraktion wirksam wird.

Ich möchte hierbei ausgehen von einer schon im Jahre 1907 veröffentlichten Arbeit von *Carl Schwarz* (7), welcher zeigte, daß ein durch längeren Aufenthalt in der isotonischen Lösung eines Anelektrolyten (Rohrzuckerlösung) gelähmter Muskel durch Zusatz geringer Mengen der Na-Salze verschiedener Säuren wieder leistungsfähig werden kann; und zwar zeigte sich, daß die Wirksamkeit der Anionen der Säuren von ihrer Stellung in der lyotropen Reihe abhängig ist, derart, daß die am stärksten die Quellung begünstigenden Anionen die Muskeltätigkeit am vollständigsten wiederherstellen (Rhodanid, Jodid, Bromid, Nitrat, Chlorid), während die quellungshemmenden Anionen (Sulfat, Tartrat, Citrat) die Erregbarkeit des rohrzuckergelähmten Muskels gar nicht oder nur sehr wenig wiederkehren lassen.

Sicher geht aus diesen Versuchen von *Schwarz* und zum Teil auch schon aus noch älteren von *Overton* hervor, daß zum Zustandekommen der Muskelkontraktion die Anwesenheit einer genügenden Menge geeigneter Elektrolyte notwendig ist.

Wie aber greifen diese Elektrolyte in das Geschehen der Muskelkontraktion ein?

Unsere Versuche, die, wie ich glaube, eine gewisse Klärung dieser Frage bringen, gründen sich auf die kürzlich von meinem Mitarbeiter *Lange* und mir (8) gemachte Feststellung, daß ebenso wie *Phosphationen* vom arbeitenden Muskel abgegeben, *Chlorionen* von ihm aufgenommen werden.

Weitere Versuche, die zunächst am Muskelbrei von *Lehnartz* und mir vorgenommen wurden, ergaben, daß Na-Chlorid die Abspaltung von Phosphorsäure aus dem *Lactacidogen* beschleunigt,

¹⁾ Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluß.

und bei der Verfolgung dieses Befundes stellte sich heraus, daß ein fast vollkommener Parallelismus besteht zwischen der Fähigkeit der einzelnen Anionen, die Tätigkeit des rohrzuckergelähmten Muskels wiederherzustellen und der Fähigkeit der gleichen Anionen, die Abspaltung von anorganischer Phosphorsäure aus dem Lactacidogen zu beschleunigen.

So stellt das Jodion die Tätigkeit des Muskels besser wieder her als das Chlorion, und es ruft, in äquivalenten Mengen dem Muskelbrei zugesetzt, eine stärkere Abspaltung von anorganischer Phosphorsäure als das Chlorion hervor. Das Sulfation, das nach Schwarz den rohrzuckergelähmten Muskel nur ganz vorübergehend wieder erregbar machen kann, führt meist zu einer geringeren Phosphorsäureabspaltung als reines Wasser, und das beim rohrzuckergelähmten Muskel praktisch unwirksame Citration hindert nicht nur jede Vermehrung der anorganischen Phosphorsäure im Muskelbrei, sondern bewirkt eine oft beträchtliche Verminderung unter Auf-

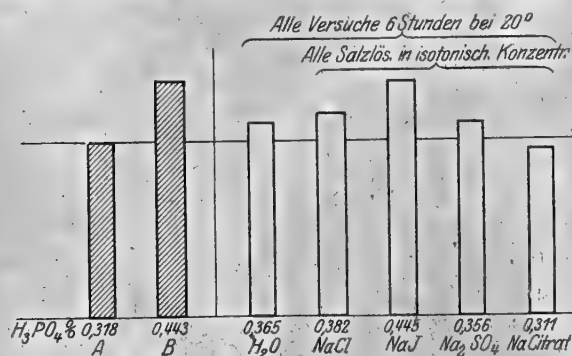


Fig. 1.

Einwirkung verschiedener Anionen auf den Lactacidogenstoffwechsel.

bau entsprechender Mengen Lactacidogen. Noch viel stärker ist in dieser Hinsicht das Fluorion wirksam, dessen Zusatz die Umwandlung fast der gesamten im Muskelbrei vorhandenen Phosphorsäure in Lactacidogen bewirkt.

In den Figuren 1—3 ist das Ergebnis einiger derartiger Versuche graphisch dargestellt. Der jeweilige Phosphorsäuregehalt ist, in Prozenten des Muskelbreis berechnet, am Fuße der einzelnen Säulen angegeben, deren Höhen diesen Phosphorsäuregehalt unmittelbar zum Ausdruck bringen.

Als A ist hierbei die schon zu Versuchsbeginn vorhandene Phosphorsäuremenge bezeichnet, als B jene Phosphorsäuremenge, welche unter Bedingungen auftritt, die zu vollständiger Spaltung des Lactacidogens führen. Eine stärkere Abspaltung von Phosphorsäure als bei B kann also überhaupt nicht eintreten.

Die Versuche A und B bilden die Grundlage für die Beurteilung der übrigen Versuche, die von ihnen durch eine vertikale Linie getrennt sind.

Eine horizontale Linie, die in Höhe des im

A-Versuch ermittelten Wertes angebracht ist, erleichtert die Übersicht: der diese Horizontale überragende Anteil einer Säule entspricht der erfolgten Lactacidogenspaltung, die Strecke, um welche eine Säule unter der Horizontalen bleibt, dem Umfange der eingetretenen Lactacidogensynthese.

In Fig. 1 sehen wir, daß der vor Beginn des Versuches ermittelte A-Wert 0,318 % beträgt, der B-Wert 0,443 %. Alle übrigen Versuchsgefäße wurden während 6 Stunden bei 20° gehalten. Im Versuch mit Zusatz von Wasser stieg der Phosphorsäuregehalt hierbei von 0,318 % auf 0,365 %. Eine dem Froschblut isotonische Natriumchloridlösung bewirkte einen erheblich stärkeren Anstieg (0,382 %), und im Versuch mit isotonischer Natriumjodidlösung (0,445 %) wurde der B-Wert erreicht, das heißt die gesamte überhaupt abspaltbare Phosphorsäure wirklich abgespalten.

Hingegen bleibt in isotonischer Natriumsulfatlösung (0,356 %) die Menge der abgespal-

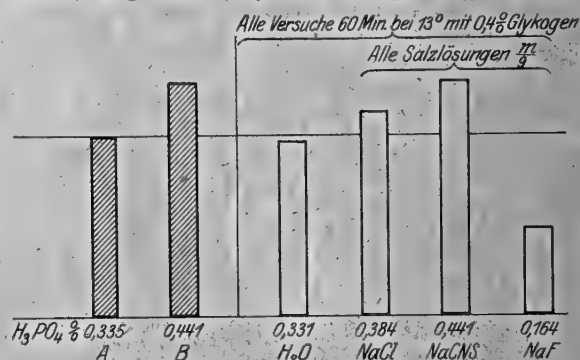


Fig. 2.

Einwirkung verschiedener Anionen auf den Lactacidogenstoffwechsel.

tenen Phosphorsäure hinter der in Wasser frei gewordenen deutlich zurück, und im Natriumcitratversuch endlich liegt die ermittelte Phosphorsäuremenge gar unter dem A-Wert, das heißt es ist überhaupt keine Lactacidogenspaltung, sondern eine, freilich geringfügige, Lactacidogensynthese eingetreten.

Das die Wiederherstellung des rohrzuckergelähmten Muskels am meisten begünstigende Jodion, hat also die stärkste Lactacidogenspaltung hervorgerufen, das Citration, bei dessen Gegenwart nur eine ganz geringfügige und rasch vorübergehende Erholung des Rohrzuckermuskels eintreten kann, dagegen überhaupt keine Spaltung, sondern Synthese von Lactacidogen bewirkt.

Die Einwirkung von Natriumchlorid und Natriumsulfat auf den Lactacidogenstoffwechsel entspricht nach dem oben Gesagten völlig ihrem Verhalten gegenüber dem, in Rohrzuckerlösung gelähmten Muskel, d. h. Natriumchlorid stellt die Erregbarkeit dieses Muskels erheblich schlechter als Natriumjodid und weitaus besser, als Natriumsulfat wieder her und es begünstigt dement-

sprechend die Lactacidogenspaltung weniger als das erstere und mehr als das letztere Salz.

In Fig. 2 ist ein Versuch wiedergegeben, in dem außer dem A- und B-Versuch solche mit Wasser, Natriumchlorid, Natriumrhodanid und Natriumfluorid vorgenommen wurden. In Wasser erfolgt in diesem Falle überhaupt keine Lactacidogenspaltung, sie ist in Natriumchloridlösung sehr beträchtlich und in Natriumrhodanid maximal, d. h. der B-Wert wird erreicht. Natriumfluoridlösung hingegen führt eine sehr starke Lactacidogensynthese herbei, wobei mehr als die Hälfte der beim Versuchsbeginn vorhandenen Phosphorsäure verschwindet.

Daß Natriumrhodanid dem Natriumchlorid — und übrigens auch dem Natriumjodid — bei der Versuchsanordnung von C. Schwarz an Wiederherstellungsvermögen überlegen ist, wurde von diesem Autor selber gezeigt. Daß Natriumfluorid, wie nach der eben besprochenen Einwirkung auf den Lactacidogenstoffwechsel von vorn herein zu erwarten war, nur eine schwache und rasch vorübergehende Erholung des Rohrzucker-muskels zuläßt, geht aus noch unveröffentlichten Versuchen von r. Beznák hervor.

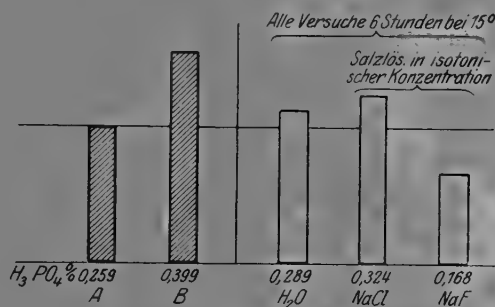


Fig. 3.

Einwirkung verschiedener Anionen auf den Lactacidogenstoffwechsel.

In dem der Fig. 3 zugrunde liegenden Versuch wurden neben den Grundbestimmungen A und B Einzelversuche mit Wasser, Natriumchloridlösung und Natriumfluoridlösung vorgenommen. Der Versuch bedarf keiner weiteren Erklärung.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse gelangten wir zu der Anschauung, daß der Chemismus und der Physikochemismus (Kolloidchemismus) der Muskelkontraktion auf das engste miteinander verknüpft sind, derart, daß eine im Kontraktionsaugenblick auftretende Permeabilitätssteigerung von Muskelfasergrenzschichten Chlorionen und sicher auch Kationen in die Muskelfaser eintreten läßt; die Chlorionen und vielleicht auch die Kationen bewirken in weiter unten zu erörternder Weise eine Spaltung des Lactacidogens unter Freiwerden von Milchsäure und Phosphorsäure. Diese Säuren rufen ihrerseits eine Vermehrung der bei der Erregung eingeleiteten Permeabilitätssteigerung hervor und gestatten dadurch weiteren Chlorionen den Ein-

tritt, der zu weiterer Lactacidogenspaltung führt. Ursache und Wirkung wechseln also dauernd und der ganze Prozeß kann als autokatalytisch bezeichnet werden.

Ich erwähnte bereits, daß es auch Kationen gibt, welche den Lactacidogenstoffwechsel entscheidend beeinflussen, namentlich sei hier die von meinem Mitarbeiter Lange gefundene Tatsache erwähnt, daß Ca-Ionen in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, auf den Lactacidogenstoffwechsel im Sinne einer Assimilation, das heißt der synthetischen Bildung von Lactacidogen aus Phosphorsäure und Kohlehydrat einzuwirken.

Das geht aus einem in Fig. 4 wiedergegebenen von Lange angestellten Versuche hervor.

Die erste Säule gibt hier, wie immer, den sofort ermittelten A-Wert wieder, die zweite dagegen nicht den B-Wert, sondern den Umfang der Lactacidogenspaltung, die in wässriger Glykogenlösung von bestimmter Konzentration erfolgte. In den rechts von der Vertikalen dargestellten Versuchen wurde beim gleichen Glykogenzusatz und auch unter sonst gleichen Versuchsbedingungen die Einwirkung von Calciumchloridlösung in von links nach rechts fallenden Konzentrationen untersucht. Man sieht eine eigen-

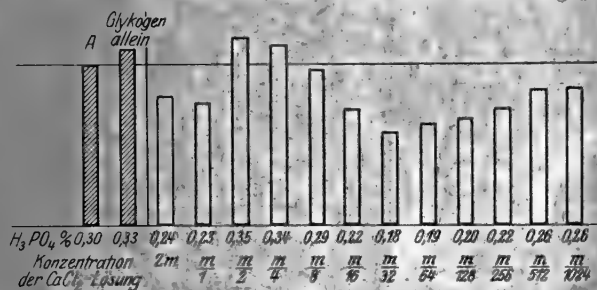


Fig. 4.

Synthese von Lactacidogen im Muskelbrei unter Einwirkung von CaCl₂-Lösungen verschiedener Konzentration.

artige Mehrphasigkeit, der Calciumwirkung doppelt-molare und molare Calciumchloridlösung bewirken starke Lactacidogensynthese, m/2- und m/4-Lösungen dagegen eher noch etwas stärkere Lactacidogenspaltung, als sie beim Zusatz einfacher, wässriger Glykogenlösung erfolgt. Weitere Verminderung der Calciumkonzentration führt zu einer zweiten, synthetischen Phase, die ihr Maximum bei m/32 erreicht. Aber auch bei m/1024 entsprechend einem Calciumgehalt von nur 2 mg in 100 ccm der zugesetzten Lösung ist noch ganz beträchtliche Synthese erkennbar. Die in diesem Versuche beobachtete Einwirkung von Calciumchlorid in fallenden Konzentrationen ist ein für das Calciumion charakteristischer, regelmäßig reproduzierbarer Befund.

Andere Ionen, von den Anionen, z. B. das Chlorion und das Bromion, von den Kationen vor allem das Magnesiumion, üben eine starke antagonistische Wirkung gegen die Synthesebegünstigung durch Ca-Ionen aus, und es ist wohl berechtigt anzunehmen, daß der Lactacidogenstoff-

wechsel geradezu beherrscht wird durch das Spiel und Gegenspiel von Ionen.

Auch hierfür gebe ich ein Beispiel, das aus einer bisher unveröffentlichten, von *Lange* und *Emmrich* durchgeführten Versuchsreihe stammt:

Links von der Vertikalen sind die Grundwerte *A* und *B* dargestellt. Die erste Säule rechts von der Vertikalen zeigt, daß wässrige Calciumchloridlösung in einer Konzentration von $m/50$ (nach einer Einwirkung von 4 Stunden bei 11°) starke Lactacidogensynthese herbeiführt, wobei die anorganische Phosphorsäure von 0,32 % auf 0,20 % absinkt.

In den nach rechts zunächst folgenden Säulen enthält die $m/50$ - CaCl_2 -Lösung gleichzeitig $m/10$ NaCl , $m/10$ KCl und $m/10$ NH_4Cl . Durch diese Zusätze wird eine erhebliche Verringerung der unter alleinigem Zusatz von CaCl_2 -Lösung erfolgenden Synthese herbeigeführt.

In einem weiteren Versuch, der statt der genannten Alkalien neben $m/50$ CaCl_2 , $m/10$ MgCl_2 enthält, tritt überhaupt keine Synthese von Lactacidogen, sondern im Gegenteil Spaltung ein, und auch bei einem Gehalt von $m/20$ MgCl_2 wird jegliche Synthese verhindert.

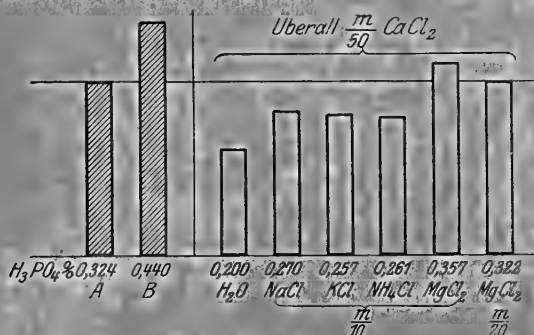


Fig. 5.

Einfluß verschiedener Chloride auf die Lactacidogensynthese durch Ca-Ionen im Muskelbrei.

Von den in diesen Versuchen untersuchten Kationen erwies sich also das Magnesium als der stärkste Antagonist des Calciums.

Wenn wir annehmen, daß die Säurebildung aus Lactacidogen die unmittelbare oder auch nur mittelbare Ursache der Muskelkontraktion ist, so dürfen wir sagen, daß die Kontraktion eines Muskels eingeleitet wird durch das Wechselspiel zwischen Permeabilitätssteigerung und Eintritt von Lactacidogenspaltung bewirkenden Ionen, und die Vermutung äußern, daß auch beim Wiederaufbau des Lactacidogens, der einen Teil der Restitution des Muskels im chemischen Sinne darstellt, bestimmte Ionen eine entscheidende Rolle spielen. Als solche restituierende Ionen kommen in erster Linie das Ca-Ion und das Fluorion in Betracht, letzteres ist, wie gezeigt werden konnte, selbst in ähnlich minimalen Mengen, in denen es sich nach neueren Untersuchungen von *Gautier* und *Clausmann* im Muskel findet, noch deutlich wirksam.

Die weitere Verfolgung der geschilderten Befunde führte nun zu Ergebnissen, die, wie ich

glaube, auch über das Gebiet der Muskelphysiologie hinaus ein gewisses Interesse haben. In Versuchen, die *Frl. Haymann* und ich ausführten, konnte nämlich gezeigt werden, daß die charakteristische Beeinflussung des Lactacidogenstoffwechsels durch bestimmte Ionen keineswegs an die Struktur gebunden ist, sondern daß sie sich gerade so gut auch im Muskelpreßsaft nachweisen läßt. Sowohl Fluor- wie Calciumionen vermögen die intensive fermentative Spaltung des Lactacidogens im Muskelpreßsaft, die unter bestimmten Bedingungen (unter anderem auch bei bestimmter H-Ionenkonzentration) eintritt, in eine ebenso intensive Synthese umzukehren.

Ein solcher Versuch ist in Fig. 6 dargestellt, in dem völlig zellfreier Preßsaft zur Verwendung gelangte, der aus der Muskulatur eines soeben getöteten Kaninchens gewonnen war.

Die erste Säule gibt den sofort ermittelten A-Wert für Phosphorsäure wieder. Bleibt der Preßsaft unter Zusatz des gleichen Volumens wässriger Natriumbicarbonatlösung von 2 % während 2 Stunden bei 10° stehen, so erfolgt starke Lactacidogenspaltung (zweite Säule, Anstieg der Phosphorsäure von 0,30 % auf 0,39 %). Gleichzeitiger Zusatz von Calciumchlorid in isotonischer

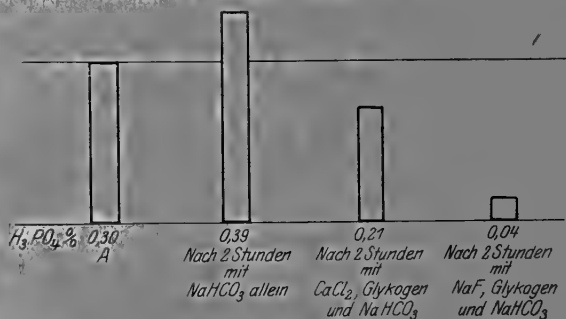


Fig. 6.

Spaltung und Synthese von Lactacidogen im Preßsaft.

Lösung und von Glykogen bewirkt starke Lactacidogensynthese (Absinken der Phosphorsäure auf 0,21 %). Auch ohne Glykogenzusatz wurde übrigens im wesentlichen das gleiche Ergebnis erzielt. Isotonische Natriumfluoridlösung mit Glykogen — wieder mit gleichem Gehalt an Natriumbicarbonat — läßt unter Lactacidogenaufbau fast die gesamte Phosphorsäure verschwinden (Absinken von 0,30 % auf 0,04 %).

Die beschleunigende Wirkung anderer Ionen läßt sich auch am Preßsaft durch deren antagonistische Wirkung gegen die unter dem Einfluß von Calciumionen erfolgende Synthese dartun.

Hiermit dürfte zum ersten Mal der Beweis erbracht sein, daß die Richtung einer fermentativen Reaktion, ob Abbau oder Aufbau erfolgt, durch das Vorhandensein geringer Mengen anorganischer Ionen in stärkster Weise beeinflusst, ja man kann sagen geradezu bestimmt wird, daß also Ionen die Gleichgewichtslage einer reversiblen Fermentreaktion beherrschen.

Nur wenige Worte noch über den Mechanis-

mus der eben geschilderten Ionenwirkung. Schon die Tatsache, daß die so verschiedene Wirksamkeit der einzelnen Ionen geradezu beherrscht wird durch ihre Stellung in der lyotropen Reihe, läßt an eine Beeinflussung des kolloidalen Zustandes des lactacidogenspaltenden Fermentes selbst oder seiner kolloidalen Begleitstoffe denken, und diese Auffassung wird weiterhin gestützt durch Untersuchungen meiner Mitarbeiter Abraham und Kahn, aus denen hervorgeht, daß kurzes Aufbewahren von Muskelbrei oder Muskelpreßsaft die Wirkung synthesebegünstigender Ionen aufs stärkste herabsetzt, während die fermentative Spaltung des Lactacidogens noch fast ungestört sich vollziehen kann.

Auch hierfür sei ein Versuchsbeispiel gegeben.

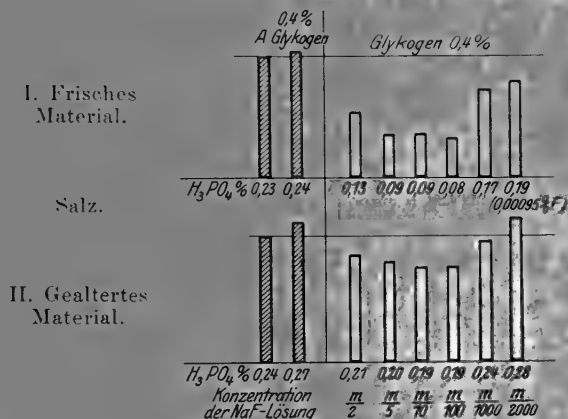


Fig. 7.

Einfluß der Alterung auf die Synthese von Lactacidogen im Muskelbrei.

In Fig. 7 sind zwei Versuche übereinander dargestellt, von denen der obere an möglichst frisch gewonnenem Froschmuskelbrei, der untere an dem gleichen Muskelbrei ausgeführt wurde, nachdem er während drei Stunden bei Zimmertemperatur gestanden hatte.

Während dieser Zeit erfolgte nur ein ganz geringer Anstieg der anorganischen Phosphorsäure (A-Wert oben: 0,23 %, A-Wert unten: 0,24 %). Zweistündiges Stehen mit dem gleichen Volumen einer Glykogenlösung von 0,4 % in Wasser — ebenfalls bei Zimmertemperatur — führt in beiden Fällen zu geringer Phosphorsäureabspaltung; sie ist beim gealterten Material etwas größer als beim frischen.

Enthält die Glykogenlösung von links nach rechts abfallende Mengen von Natriumfluorid, so erfolgt in beiden Versuchen Lactacidogensynthese,

doch ist diese am frischen Material ungleich stärker. Das Maximum der Synthese ist oben wie unten bei Verwendung von m/100 Natriumfluoridlösung vorhanden, aber während am frischen Brei bei dieser Fluoridkonzentration der Phosphorsäuregehalt auf 0,08 % abgesunken ist, beträgt er im Versuch am gealterten Material weit mehr als das Doppelte, 0,19 %, im ersten Falle sind 0,15 %, im zweiten nur 0,05 % Lactacidogenphosphorsäure neu gebildet. Am frischen Material erfolgt in m/1000 und m/2000 Natriumfluoridlösung noch sehr erhebliche Synthese, während am gealterten Muskelbrei m/1000 Natriumfluoridlösung nur gerade die in gleich glykogenhaltigen Wasser erfolgende Lactacidogenspaltung verhindert und m/2000 Fluoridlösung überhaupt unwirksam ist.

Derartige Versuchsergebnisse lassen sich, wie ich glaube, am besten durch die Annahme einer mit Hysterese verbundenen Alterung von ursprünglich höchst ionenempfindlichen Kolloiden erklären, und alle bisher vorliegenden Tatsachen machen es wahrscheinlich, daß die Richtung der in Frage kommenden Fermentreaktion bestimmt wird durch den jeweiligen Zustand gewisser irgendwie mit dem Ferment verbundener Kolloide, daß dieser Kolloidzustand seinerseits in starker Abhängigkeit von der jeweiligen Ionenmischung steht.

Versuche mit anderen Fermenten als dem lactacidogenspaltenden wurden von uns bisher nicht vorgenommen, aber ich möchte von vornherein glauben, daß es sich hier nicht um eine vereinzelte Erscheinung handelt, sondern daß auch bei anderen Fermentreaktionen nicht nur, wie man bereits wußte, die Geschwindigkeit des Ablaufs von Spaltungen ional beeinflusst wird, sondern daß Ionenwirkungen es sind, die die Richtung intrazellulärer Fermentreaktionen beherrschen.

Literaturverzeichnis.

1. Fletcher und Hopkins: *Journal of Physiol.* Bd. 35, S. 247 (1906).
2. Embden, Schmitz und Meincke: *Zeitschr. f. physiol. Chemie* Bd. 113, S. 10. (1921).
3. Embden und Lawaczek: *Bioch. Zeitschr.* Bd. 127, S. 181 (1922).
4. Embden und Laquer: *Zeitschr. f. physiol. Chemie* Bd. 113, S. 1 (1921). Hier sind auch unsere älteren Arbeiten über den gleichen Gegenstand erwähnt.
5. Embden und Adler: *Zeitschr. f. physiol. Chemie* Bd. 118, S. 1 (1922).
6. Embden und Lawaczek: *Zeitschr. f. physiol. Chemie* Bd. 125, S. 199 (1923).
7. Schreuz: *Pflüg. Arch.* Bd. 117, S. 161 (1907).
8. Embden und Lange: *Zeitschr. f. physiol. Chemie* Bd. 130, S. 350 (1923).

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung.

Historische Geologie.

Von E. Wepfer, Freiburg i. B.

(Schluß.)

Im Quartär (= Diluvium oder Pleistocän) nehmen die Meere schon beinahe ihre jetzige Ge-

stalt an; Großbritannien und Frankreich waren noch verbunden; Mammuthreste finden sich in

Kiesen im Kanal, ferner auch auf der vom einstigen Rhein aufgetauften Doggerbank. Auch sonst sehen wir an der Nord- und Ostseeküste noch einige Unterschiede, indessen ist die Ausbreitung jener diluvialen Meeresflächen noch nicht genügend geklärt. Es scheint wahrscheinlich, daß die Ostsee als solche noch nicht bestanden hat, jedoch kennt man verschiedentlich in Norddeutschland und Holland marine Ablagerungen mit der marinen sog. Eemfauna, die teilweise mediterrane und portugiesische Meeresmuscheln führt — jedoch kein einheitliches, d. h. z. T. präglaciales, z. T. alt-, z. T. jungdiluviales Alter zu haben scheint.

Bezeichnend für das Diluvium ist eine starke Abkühlung des Klimas, die schon in der Fauna des englischen Pliocenrag (s. o.) sich ausdrückt, und in deren Folge nicht nur von Skandinavien aus weit über ganz Norddeutschland bis an den Rand der deutschen Mittelgebirge hin, sondern auch von fast allen höheren Gebirgen, ja von manchen Mittelgebirgen aus, *Gletscher* sich ausdehnten, stellenweise das Flachland als zusammenhängende „Inlandeisdecke“ bedeckend. Ihre Grundmoränen liegen als *Geschiebemergel* bzw. *Geschiebelehm* in über hundert Meter Mächtigkeit in größeren Teilen Norddeutschlands, so daß ihre Unterlage bis weit unter Meereshöhe hinunterrückt. Man muß somit wohl annehmen, es habe hier eine Senkung des Untergrunds mit Beginn dieser Formation eingesetzt, d. h. auch für die Aufhäufung dieser rein kontinentalen Ablagerungen gilt dasselbe Gesetz, wie für das Zustandekommen mariner Schichtfolgen: Senkung und Sedimentation gehen Hand in Hand. — Die Annahme einer höheren Lage von großen Teilen der Erdoberfläche vor Beginn des Diluviums ist ziemlich alt: man suchte damit auch die untermeerischen Fortsetzungen mancher Täler und auch die Fjorde zu erklären.

Das *Nordeuropäische Glacialgebiet*, dessen Zentrum offenbar im skandinavischen Gebirge lag, reichte bis ins Petschoragebiet, über den Ural nach Asien hinein, über Moskau, Kiew, Warschau hinaus nach Süden, an den Karpathen- und Sudetenrand, den Nordrand des Erzgebirges, nach Thüringen, dann an den Rand des rheinischen Schiefergebirges, über Dortmund nach Holland und Südengland, offenbar die Becken der Nord- und Ostsee mit seinen Eismassen ausfüllend. Die Mächtigkeit des Eises läßt sich an seinen Spuren im Gebirge verfolgen und erreichte in Skandinavien bis 1800 m, am Harzrand noch etwa 130 m.

Es ist seit langem bekannt, daß nicht nur eine einzige Vereisungsphase stattfand, sondern deren mehrere, doch gehen die Ansichten über deren Anzahl noch etwas auseinander: während man in Nordamerika geneigt ist, deren 6, und entsprechend 5 *Interglacialzeiten* zu unterscheiden, spricht man in Norddeutschland meist von 3, in den Alpen und anschließenden Gebieten von 4 Eiszeiten mit verschiedenen weiteren, unter-

geordneten *Vorstöß-* und *Rückzugsphasen* des Eises. — Es ist klar, daß je nach der geographischen Lage hierin eine gewisse Verschiedenheit herrschen muß, und das Resultat hängt davon ab, wie weit das Eis sich nach jeder einzelnen „Eiszeit“ zurückgezogen hat: bezeichnend ist, daß in Skandinavien kein Interglacial bekannt ist — das nördlichste Vorkommen liegt in Jütland.

Den Rand der Eismassen, ihre längere Stillstandslage an einer Grenze, ermessen wir aus den großen Stirn- oder Endmoränenzügen, die sich z. B. durch Norddeutschland als Hügelrücken in verschiedenen Bögen weit nach dem Osten verfolgen lassen. Bezüglich der Zuteilung dieser Höhenzüge zu den einzelnen Vereisungsphasen herrscht noch manche Unsicherheit.

Blocklehme, Geschiebemergel, Rundhöcker, Gletscherschliffe und Schrammung bezeichnen die Verbreitung des Eises und dessen Bewegungsrichtung; Stauchungen und Fältelungen des Untergrundes — durch die Einwirkung des sich bewegenden Eises entstanden — bis zum größten Ausmaß sind da und dort beobachtet. Asar, das sind langgezogene Höhenrücken aus Kies und Sand in der Richtung der Eisausbreitung liegend, sind wohl die Ablagerungen von Schmelzwässern, die z. T. unter-, z. T. innerhalb der Eismassen selbst — genau wie in jetzigen Gletschern — flossen. Die zahlreichen Ströme Norddeutschlands wurden längs dem Eisstirnrand nach Westen bzw. Nordwesten abgelenkt, und noch jetzt erkennen wir die Lage solcher *Urstromtäler*, denen die jetzigen Flüsse nur streckenweise noch folgen, um auf kürzerem Wege, dem allgemeinen Gefälle folgend, dem Meer zuzustreben. Große Seeflächen, die *Eisstauseen*, entstanden vor der Stirn des landaufwärtsströmenden Eises, in denen sich, wahrscheinlich infolge des jahreszeitlichen Wechsels, *Bändertone* ablagerten; ähnliche Eisstauseen finden sich vor allem in Skandinavien zwischen Gebirgswasserscheide und „Eisscheide“, die einander nicht immer decken — und hinterließen ihre Ablagerungen —, ebenso wie durch deren nacheiszeitliche Abtragung durch Flüsse das hierdurch bedeckte *präglaciale* oder *altdiluviale* Bodenrelief mit alten Schluchten und Tälern zum Vorschein kommt. Es ist ja bezeichnend für den Grad der Ausbreitung der rein glacialen Ablagerungen, daß sie weit über das Gebiet der jetzigen, z. T. erst später ausmodellierten Täler hinausreichen. — Außerhalb des vereisten Gebietes breiteten weiterhin Schmelzwässer mächtige Sand- und Schottermassen aus, die allmählich von den Endmoränen nach außen abfallen und zum jetzigen Gewässernetz überführen. Man bezeichnet diese ursprünglich mehr oder weniger einheitlichen Schuttf Flächen als *Sandr*.

Einen anderen Typus der Vereisung treffen wir in den *Alpen*: die Gletscher reichten bedeutend weiter in den Tälern hinunter, breiteten sich z. T. auch im Vorland aus, wo dann ähnliche Bilder flächenhafter Inlandvereisung entstehen,

wie damals im Norden, und heute etwa in Grönland. Das Schmelzwasser hatte aber hier, wo die Eismassen sich in der Richtung des natürlichen Gefälles bewegten, freien Abfluß, wurde nicht gestaut; infolgedessen pflegen hier die in den nördlichen Eisstauseen entstandenen Bändertone, mit denen dort jedes vollständige glaciale Profil beginnt, zu fehlen. Das Eis des Rhonegletschers reichte teilweise bis über das Juragebirge hin zum Zentralplateau; der Rheingletscher erstreckte sich über Schaffhausen bis in die Gegend von Tuttlingen und Sigmaringen ans Donautal, Lech- und Isargletscher stießen bis in die Nähe von München vor, ähnlich Inn- und Salzachgletscher. Gegen Osten zu stieg auch damals, wie heute, die Schneegrenze an, und die Vergletscherung reichte weniger tief hinunter. — In den *Südalpen* finden wir am Austritt der Täler aus dem Gebirge mächtige Endmoränen-Amphitheater bei Ivrea, ferner am Gardasee. — Auch in den Alpen ist der Anschluß mächtiger Schottermassen an die Endmoränen oft deutlich, Gletscherschrammung, Schliffe, Rundhöcker treten häufig auf. Und wie im nordeuropäischen, so werden auch im Alpengebiet die Vereisungsphasen abgelöst von Zwischeneiszeiten.

Die Frage, worin die Abkühlung der Diluvialzeit ihre Ursache hat, ist noch nicht befriedigend gelöst; ob sie in einem ursächlichen Zusammenhang mit der vorausgehenden Gebirgsbildung der Tertiärzeit und ihren vulkanischen Ereignissen steht, ähnlich wie auch auf die Karbonzeit mit ihren Gebirgsbildungen und ihrem Vulkanismus eine Eiszeit — allerdings auf der südlichen Halbkugel — folgt, ob kosmische, astronomische Ursachen, Polschwankungen zur Erklärung heranzuziehen sind, ob ein veränderter Gasgehalt (Kohlensäure) der Luft, steht dahin. — Sicher ist wohl, daß Gletscher bereits zur Tertiärzeit auf den damals entstandenen Hochgebirgen sich entwickelten, deren Spuren indessen durch die viel mächtigeren, folgenden Vereisungen verwischt worden sind.

Bei der Ungewißheit über die Parallelisierung der einzelnen Vereisungsphasen, z. B. schon der Alpen und Norddeutschlands, ist maßgebend die Auffassung, ob jene Phasen nur als Vorstöße von mehr oder weniger geringer Tragweite aufzufassen sind, oder als wirkliche Vereisungsphasen, zwischen denen das Eis sich sehr viel weiter zurückzog. Die erstere Auffassung würde sich mit lokalen Gründen für einen Vorstoß *hier* und dessen Mangel an *anderer* Stelle begnügen können, während die letztere Auffassung wohl zu dem Gesichtspunkt *regionaler* Gründe für die öftere Wiederholung einer Vergletscherung über Gebiete führen müßte, die zwischenhinein unter gänzlich anderen, milderen klimatischen Verhältnissen standen; und von diesem Gesichtspunkt aus scheint neuerdings trotz mancher Schwierigkeiten eine Gleichstellung der einzelnen Eiszeiten zu gelingen. — Zum Zwecke der Gliederung des

Glacialdiluviums kann man sowohl die im einst *vergletscherten*, als auch die im *eisfreien* Gebiet entstandenen Ablagerungen benützen. Maßgebend vor allem ist aber der Charakter der interglacialen Gesteine: nach der Verschiedenheit der darin eingeschlossenen Fauna und Flora und nach ihrer stratigraphischen Lage kann man das verschiedene Alter der einzelnen Phasen erkennen; es sind Schotter, Sande, Ton-, Torf- und Kalksinterablagerungen mit z. T. reicher Fauna und Flora, und ferner teilweise mit Resten menschlicher Skelette und menschlicher Kultur. Bei dieser Gliederung des Diluviums helfen uns wesentlich die Fortschritte der prähistorischen Forschung, die uns längst bestimmte Stadien der Entwicklung aus der Technik und Kultur jener Menschen kennen gelehrt hat. — Sehr wesentlich ist nun, daß die Fauna und besonders deutlich die Flora der Zwischeneiszeiten uns unzweifelhaft ein Klima erkennen läßt, das z. T. milder war als das heutige an den betreffenden Fundstellen: Stechpalme, Eibe, Linde, Walnußbaum kommen häufig vor, die drei ersteren bis nach Jütland hinauf! In derselben Richtung läßt auch die Fauna schließen. — Wie im Norden, so kann man auch im alpinen Gebiet an vielen Stellen nachweisen, wie nach Rückzug der Gletscher einer Vereisungsphase der eisfreie Boden sich mit einer durchaus gemäßigten Flora und Fauna besiedelte; deutlich liegen entsprechende Ablagerungen zwischen zwei Moränen, d. h. zwei verschiedenen Vereisungsphasen.

Des weiteren beobachten wir, wie die aufgeschütteten Moränen und zugehörigen Schotter nach dem Rückzug des Eises verwittert sind, und zwar unter dem Einfluß eines gemäßigten Klimas: sie wurden durch die Sickerwässer, die Durchdringung mit Pflanzenwurzeln entkalkt und die Eisenoxydsalze zu Eisenoxyden umgewandelt, ein Oxydationsvorgang, der in diesem Zusammenhang als *Ferretisierung* bezeichnet wird. Wären die Moränen nicht völlig eisfrei geworden, so hätte diese bezeichnende Verwitterungsform nicht stattfinden können: wir sehen nun, daß die Moränen der jüngsten Eiszeit seither nur $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ m tief verwittert sind, während diejenigen älterer Eiszeiten 10, ja bis über 15 m tief verwittert sind; daraus folgt, daß sie außerordentlich lange eisfrei gelegen haben müssen und das Eis sich sehr weit zurückgezogen haben muß. — Das gewichtigste Wort aber in diesem letzteren Sinne sprechen die bereits erwähnten Pflanzenvorkommen.

Neuerdings scheint nun auch ein Haupthindernis dafür, daß man sich nicht recht über die oben angeschnittene Frage einigen konnte, dahinzufallen: eine übereinstimmende Gliederung der einzelnen Phasen wenigstens für Alpen- und norddeutsches Gebiet scheint zu glücken (*Soergel*). Demnach wären die Interglaciale als Zeiten eines völligen Rückzugs des Eises aus der nördlichen deutschen Ebene bis nach Skandinavien, und in

den Alpen bis zum jetzigen Vergletscherungsbild anzunehmen.

Nach dem Vorgang von *Penck* und *Brückner* hat man die Haupteiszeiten mit den Namen von Flüssen bzw. Seen im nördlichen Voralpengebiet in ihrer natürlichen Reihenfolge als Günz-, Mindel-, Riß- und Würm-Eiszeit bezeichnet. Jeder dieser Eiszeiten entspricht ein Endmoränengürtel, an den sich eine zugleich entstandene Schotterdecke anschließt, die in den Zwischeneiszeiten von den ungleich kräftigeren Schmelzwässern zertalt worden ist, und deren Reste z. T. als *Terrassen* in den Flußtälern weit über dem jetzigen Flußspiegel liegen. Diesem Bild liegt die Anschauung zugrunde, daß die schwächer fließenden *Schmelzwässer* der *Eiszeit* ihren Schutt nicht weit tragen konnten, sondern gleich beim Austreten aus den Eismassen ablagerten, während die naturgemäß viel reichlicheren Wasser beim Rückschmelzen des Eises Erosionsarbeit leisten konnten, und sich in die lockere Schotterfläche rasch eingruben. — Es entspricht wohl der Günzeiszeit der *ältere Deckenschotter*, der Mindeleiszeit der *jüngere Deckenschotter*, der Rißeiszeit die *Hochterrasse* und der Würmeiszeit die *Niederterrasse*. — Ebenso wie die Moränen selber, so sind auch diese Schotter um so tiefer und intensiver verwittert, je älter sie sind, und liegen im allgemeinen, je jünger, desto weniger hoch über dem jetzigen Talboden. Diese allmähliche Tieferlegung der Täler erfolgte jeweils durch Erosion und deren rückwärtiges Einschneiden. Oftmals hatten die Flüsse während einer Interglacialzeit offenbar nicht genügend Zeit, um die ideale, fertige Gefällslinie eines Flusses völlig auszuarbeiten; die Täler wurden durch die Schotterakkumulation der folgenden Eiszeit wieder ausgefüllt, und erst in der nächstjüngeren Interglacialzeit nahm der Fluß seine alte, unterbrochene Erosionsarbeit wieder auf: zum Teil ist sie auch jetzt noch im Gange. So ließe sich der Wechsel zwischen Akkumulation und Erosion auf dieselben Ursachen zurückführen, wie die einzelnen Vereisungsphasen selbst, nämlich auf die klimatischen Schwankungen.

Aus rein meteorologischen Gründen mußte über den mächtigen vereisten Gebieten eine *Anticyklone* sich bilden, d. h. vom Eis weg ins Vorland mußten ständige Winde wehen; sie waren es nach der hier dargestellten Anschauung, die aus den Moränen an der Stirn der Gletscher feines Material auswählten — ein Vorgang, der auch an jetzigen Gletschern in den Alpen verfolgt werden kann. Dieses Material lagerte sich im eisfreien Gebiet zwischen Alpen- und norddeutscher Vereisung ab: es entstand der ursprünglich ungeschichtete *Löß*, welcher, wie die petrographische Untersuchung bewiesen hat, aus Moränenmaterial stammt. Die im Löß aufgefundenen Fauna hat jedenfalls im Gegensatz zu derjenigen der Interglacialzeiten eine ausgesprochen nordische Note: Wildpferd, asiatischer Wildesel, Steppenitis, Schneehase, Ziesel, Murmeltiere, der große Pferde-

springer, der Zwergpfeifhase, Renntier, Moschusochse, Lemming stimmen nicht zu dem wärmeren Klima der Zwischeneiszeiten.

Der Löß lagert sich besonders an den im damaligen Windschatten gelegenen Hängen ab. Verschiedene *Lehmbänder* in dem normalerweise kalkreichen Löß zeigen offenbar einen Stillstand der Lößbildung und somit Verwitterung an, ebenso wie *Sand-* und *Kiesbänder* darin eine Unterbrechung und das Auftreten andersartiger, durch vermehrte Wassertätigkeit charakterisierter Ablagerungs-, Umlagerungs-, ja Auswaschungsbedingungen andeuten; damit läßt sich der Löß in verschiedene Abteilungen, deren zwei man als „älteren“ und „jüngeren Löß“ schon lange kennt, gliedern, und es ist zu hoffen, daß diese in der Zukunft sich in das Schema der Eis- und Zwischeneiszeiten einpassen lassen werden. Es ist wahrscheinlich, daß gerade die Lehm-, Sand- und Kiesbänder des Löß in dieser Richtung ein recht empfindlicher Maßstab sind, auf den freilich rein lokale Ursachen gleichfalls einwirken könnten. — Niemals scheint der Löß auf größere Strecken hin von Moräne bedeckt zu sein; d. h. er entstand wohl überhaupt nur in der genannten verhältnismäßig schmalen Zone — er liegt vor der Moräne der entsprechenden Eiszeit, nie auf ihr, sondern stets höchstens auf den Moränen und vor allem den Schottermassen der nächstälteren Eiszeit. — Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß eine Anzahl Forscher zu anderen Auffassungen bezüglich der Altersklassifizierung des Löß neigen.

Außer den Moränen, den Schottern, dem Löß, ferner den Torf-, Ton-, Kalksinter- u. a. Bildungen kennen wir noch Ablagerungen in Höhlen, den sog. *Höhlenlehm*, d. i. in vielen Fällen ein Verwitterungsprodukt des meist kalkigen Gesteins, in dem die Höhlen auftreten. In ihm, sowie geschützt durch Kalksinter- und Tropfsteinbildungen, finden sich nicht selten massenhafte Reste der diluvialen Tierwelt (Höhlenbär usw.) sowie Spuren des Menschen und seiner Kultur (Stein- u. a. Werkzeuge, Wandzeichnungen und Malereien, meist jene Tierwelt darstellend, besonders im nördlichen Spanien und in Frankreich, sowie Skulpturen), als dessen Jagdbeute die betreffenden Tiere zum Teil betrachtet werden können.

Das Eis hat durch seine *Bewegung* den Untergrund beeinflusst und bestimmte, zum Teil auch morphologisch erkennbare Züge der Landschaft durch Aufschüttung bzw. Erosion aufgeprägt; dahin gehört wohl die *Übertiefung* mancher Täler, in deren Senken dann Seen entstanden sind; ob allerdings die teilweise große Tiefe der alpinen Randseen hierauf zurückzuführen ist, erscheint zweifelhaft — manche Forscher möchten sie als tektonische Spezial- bzw. allgemeinere Senkungen des Untergrundes deuten. — Dagegen ist der oft sehr deutliche U-förmige Querschnitt vieler einst vereisten Täler wohl auf die besondere Art gla-

cialer Verwitterung an den Hängen (Frostwirkung) und glacialer Erosion zurückzuführen, ebenso wie die Entstehung der *Kare* und der *Hängetäler*, d. h. Täler, die mit einer bedeutend höheren Sohle am Steilrand eines tieferen Haupttales endigen — ein Gegensatz, der auf die stärkere *Auskolkung* des Haupttales durch die flächenhafte Erosion des Hauptgletschers bzw. auf deren relatives Zurückbleiben in den mit geringeren Gletschern erfüllten Nebentälern zurückgeführt wird.

Der oben erwähnte Wechsel zwischen Aufschüttung und Abtragung, der in den Flußtälern das Bild der Terrassierung hervorgerufen hat, könnte an und für sich auch durch eine allmähliche Hebung des Untergrundes, die durch Stillstände bzw. Senkungen unterbrochen wurde, erklärt werden. In der Tat sind solche Hebungen und Senkungen in Skandinavien und im Ostseeg Gebiet sehr deutlich in der auf die letzte Vereisung folgenden *Postglacialzeit* nachgewiesen. Skandinavien hat sich seit der Diluvialzeit zum Teil gehoben, und hebt sich jetzt noch, in den letzten Zeiten stellenweise um etwa 1 m innerhalb 100 Jahren. Alte Meeres-Strandlinien sind in Schweden bis auf 250 m, in Norwegen auf 160 m Höhe nachgewiesen; diese Hebung wird von manchen als eine *isostatische*, d. h. infolge Entlastung beim Verschwinden der diluvialen Eiswasser eingetretene, aufgefaßt. — Eine Zurückführung auf eine Senkung des Meeresspiegels, wie man früher meistens wollte, ist nicht tunlich, da die Strandlinien — ebenso wie im ganzen Mittelmeergebiet — oft deutlich geneigt sind. Skandinavien speziell hat zum Schluß der Eiszeit offenbar tiefer gelegen als jetzt: marine *Bänderfone* mit der nördlichen Muschel *Yoldia* zeigen durch ihre Verbreitung, daß damals Nord- und Ostsee über Schweden hinweg in Verbindung standen. Nach der Anzahl der Tonbänder glaubt *de Geer* die Zeit vom Stand des Eises in Schonen bis zu seinem Rückzug nach Mittelschweden auf ca. 5000 Jahre schätzen zu können. Auf diese „*Yoldiazeit*“ folgten noch verschiedene abwechselnde Hebungen und Senkungen, die man jeweils aus der Fossilführung der betreffenden Ablagerungen (teils Meeres-, teils Süßwassermollusken) erschließen kann.

Aus dem übrigen Europa wissen wir, daß Großbritannien teilweise eine weitgehende selbständige Vergletscherung aufzuweisen hatte. — In Südrußland entstand das Schwarze Meer wohl als ein ursprünglicher Binnensee, im Anschluß an die viel verbreiteteren mediterranen Wassermassen des Jungtertiärs; seine jetzige Verbindung mit dem Mittelmeer wurde wohl erst durch den Zusammenbruch des „*Ägäis*“-Festlandes (s. o.) in der älteren Quartärzeit ermöglicht. — Auch im Mittelmeer selber war die Ausdehnung des Wassers im Diluvium ursprünglich größer; zahlreiche hohe Strandlinien, diluviale Meeresablagerungen z. B. in Sizilien, nahe dem jetzigen Strand, —

scheinbar mit Anzeichen einer gewissen Abkühlung im Zusammenhang mit der Eiszeit — sprechen dafür. Umgekehrt hat in Dalmatien offenbar eine Senkung des Landes seit jener Zeit eingesetzt, die sich in verschiedenen „ertrunkenen“ Tälern ausspricht. Ein grundlegender Gegensatz braucht sich indessen in dieser Verschiedenheit nicht zu äußern: beide Erscheinungen sind auf einen bestimmten Komplex von Erscheinungen zurückzuführen, nämlich auf den Einbruch gewisser Teile der *Tyrrhenis* und ebenso der *Adria* seit der Tertiärzeit bzw. auf ein gleichzeitiges Aufsteigen gewisser Festlandsgebiete. Die Grenze zwischen Hebungs- und Senkungsbezirk ist dabei keine einheitliche, der heutigen Grenze von Land und Meer folgende, sondern eine verschieden breite Zone von Störungslinien, auf der zum Teil (römische Campagna, Umgebung von Neapel usw.) Vulkane auch im Diluvium tätig waren, und wo die einzelnen Schollen in verschiedener Weise der allgemeinen Bewegungstendenz dieses Bruchlandes gefolgt sind.

In Nordamerika sind mehrere (s. o.) weit ausgedehnte Vereisungen bekannt, deren Zentrum das laurentische Bergland in Canada und Grönland bilden. Die Endmoränen reichen von den nördlichen Appalachen über den Ohio nach St. Louis am Mississippi und rechts des Missouri bis an die Rocky Mountains, mit deren eigener Vereisung sie Fühlung nehmen. Mächtige Eisrandseen sind noch durch die Lage zahlreicher höher liegender Seeterrassen bezeichnet; präglaciale Täler sind unter jenen glacialen Schottern durch die spätere Erosion freigelegt worden. — Die dortigen jetzigen Wüsten und Halbwüsten waren zum Teil viel reicher an Wasser, zum Teil geradezu Seen mit hohem Wasserstand, deren Marken z. B. durch die Uferterrassen des Großen Salzsees bezeugt werden. — Ähnlich wie in Skandinavien zeigen sich in den nördlichen Teilen des nordamerikanischen Kontinents hohe Strandlinien des Meeres — an der Hudsonbai bis 400 m ü. M., die eine entsprechende spätdiluviale Transgression des Meeres beweisen, während weiter nach Süden die Höhe des damaligen Meeresspiegels mehr und mehr der jetzigen ähnlich wird. In Alaska, im arktischen Archipel zeigen sich Spuren einer kräftigen Vereisung. — Auch im nicht vergletscherten Gebiet entstanden in Amerika zum Teil lößartige Gesteine so die *Pampaslehme* in Südamerika; in Nord- und Südamerika finden sich in entsprechenden Gesteinen — die freilich in letzterem zum Teil schon pliocän zu sein scheinen — Reste von *Edentaten* (das Riesenfaultier *Megatherium*, das Riesengürteltier *Glyptodon* u. a.), ferner *Vorläufer* des *Lama* und des *Pferdes*, das aber selber in vorhistorischer Zeit in Amerika ausgestorben ist; jedenfalls zeigt die Übereinstimmung dieser Fauna der beiden Amerika, daß sie damals wohl in breiterer Zone als heute verbunden waren. — In Patagonien herrschte eine selbständige Vereisung; in Knochenhöhlen im südlichen Chile

findet sich außerdem als Zeitgenosse des Menschen das mit dem Riesenfaultier verwandte *Glossotherium* oder *Grypotherium*, von dem außer dem Skelett auch Fellstücke erhalten sind.

In Asien waren die Hochgebirge gleichfalls stärker vereist, doch ist der Unterschied jener Schneegrenze gegenüber der jetzigen nicht so groß. Gewissermaßen als Zeugen der Eiszeit in dem übrigens offenbar nicht vereisten nördlichen Asien, in Sibirien, sind die im fossilen Steineis eingefrorenen Leichen des diluvialen — oder dort noch später lebenden? — Mammuths, ferner von Rhinoceros und Wisent aufzufassen. Besonders bemerkenswert sind auf gewissen Inseln der großen sibirischen Ströme Anhäufungen riesiger Mengen von Mammuthknochen und insbesondere Zähnen, die lange Zeit einen wichtigen Elfenbeinexport veranlaßt haben.

In Australien ist eine reiche diluviale Fauna bekannt, die, wie die heutige ursprüngliche, aus Beuteltieren besteht, darunter der Beutellöwe, ferner das bis zu 4 m lange und 2 m hohe pflanzenfressende *Diprotodon*; ferner sind Vorfürer des Monotremen Echidna, des Schnabeltieres, bekannt. — Neuseeland trug eine ausgedehnte Vereisung; von der diluvialen Fauna sind besonders erwähnenswert die Moas, z. T. erst in historischer Zeit ausgestorbene Riesenvögel, deren eine Art bis zu 3,5 m Höhe erreichte.

Selbst im Äquatorialgebiet sind die Schneegrenzen der Diluvialzeit herabgerückt; Spuren größerer Vereisung finden sich am Kilimandscharo und in Venezuela. — Im Bereich des Indischen Ozeans finden sich quartäre Meeresablagerungen, umgekehrt an der australischen Ostküste ertrunkene Flußtäler, und für Senkungen von gewissen Teilen des Meeresuntergrundes sprechen — vom Gesichtspunkt der Darwinschen Erklärung — die Atolle. — Madagaskar ist faunistisch bereits in der Diluvialzeit gekennzeichnet durch das Vorkommen von Lemuriden (Halbaffen).

Ein Überblick über die gesamte diluviale Fauna und Flora muß unterscheiden zwischen den glacialen nordischen einerseits und den inter- bzw. präglacialen Formen andererseits, die z. T. durchaus gemäßigtes Klima verraten. — Die pliocänen Arten, wie *Elephas meridionalis*, *Machairodus* (s. o.) u. a. scheinen erst im Laufe des älteren Diluviums zu verschwinden und werden nach und nach durch nordische Arten ersetzt, während diese letzteren umgekehrt nach Schluß der Eiszeit in die Alpen (Marmottier, Steinbock, viele Pflanzen) bzw. in den hohen Norden auswandern. Während Ilex und andere Pflanzen (s. o.) gewiß ein gemäßigtes Klima der Interglacialzeiten beweisen, ist die uns bekannte Flora der eigentlichen Eiszeiten heute im Norden bzw. in den Alpen zu Hause: so *Salix polaris*, *Betula nana*, *Dryas octopetala* u. a. Doch ist die Verdrängung weder der Tiere noch der Pflanzen durch die Erwärmung des Klimas eine vollständige: Relikten, d. h. Überbleibsel mancher alpiner und nordischer Arten haben sich öfters in kühlen, schattenreichen Standorten bis heutigen Tages gehalten, so besonders manche Pflanzen, Landschnecken u. a.

Bemerkenswert ist die z. T. große Einheitlichkeit der diluvialen Wirbeltierfauna: das Mammuth findet sich in Europa, Sibirien, Alaska und ist nur im östlichen Nordamerika ersetzt durch eine Mastodonart. — Unter den diluvialen Elephanten kann man deutlich zwei Formen unterscheiden: erstens eine besonders in Lössablagerungen nicht seltene Steppenform, eben das *Mammuth* (*Elephas primigenius*), mit dessen Habitusbild — einem mächtigen Fethöcker am Hinterkopf, der starken Behaarung, den stark gekrümmten Stoßzähnen — wir auch durch die altsteinzeitlichen Maleereien und Zeichnungen (s. o.) recht gut bekannt sind; zweitens den *Elephas antiquus*, eine Waldform mit geraden, nur leicht nach oben gekrümmten Stoßzähnen. Das wollhaarige Nashorn, Flußpferd, Wildpferd, Elch, Rentier, Riesen- und Edelhirsch, Wildschwein, Auerochs, Wisent, Höhlenlöwe, Höhlenhyäne, Vielfraß und andere, z. T. genannte Tiere ergänzen das Bild der quartären Säugetierfauna, von denen im einzelnen nicht immer einwandfrei bekannt ist, ob sie glacial oder interglacial sind. — Nur z. T. sind diese Formen, von denen manche ausgesprochenes Jagdwild des Menschen gewesen sind, ausgestorben, andere sind ausgewandert nach dem Osten, nach Norden, in Steppengebiete oder in Wälder. Und gerade ihre jetzigen Standorte erlauben uns gewisse Rückschlüsse auf entsprechende Landschaftsformen in der Diluvialzeit. Doch ist die Art der Reihenfolge von Tundra, Steppen-, Waldphase — infolge der klimatischen Schwankungen — im einzelnen noch etwas strittig.

Der Rolle des Menschen im Diluvium ist schon kurz gedacht; das Verhältnis seiner Kulturepochen zu den einzelnen Diluvialphasen ist noch nicht endgültig geklärt.

Das Alluvium schließlich macht uns mit den Ereignissen der jüngsten Zeit der Erdgeschichte und ihren Beziehungen zum Menschen bekannt. Mit der Annäherung an unsere heutige Zeit verschiebt sich naturgemäß das Interesse und das Material unserer Forschung; die marinen Ablagerungen — aus denen ein Bild nicht nur des betreffenden Meereslebens, sondern der gesamten Zeit zu gewinnen uns immer nur auf gewissen Umwegen gelingt — entstehen heute dort, wo unserer Beobachtung mit der Küste des Wassers ein Ende gesteckt ist; und die Daten über das Schichtenstehen im Meer sind immer nur vereinzelt, im Gegensatz zu dem häufigen Bild der vollzogenen Entstehung in der Vergangenheit. Umgekehrt spielen sich die Vorgänge, deren Produkte auf den einstigen Festländern vergangener Epochen meist der dort herrschenden Abtragung zum Opfer gefallen sind, heute vor unseren Augen ab: Wir verfolgen die Entstehung terrestrischer, kontinentaler Ablagerungen, wir erkennen die Veränderungen des Bodens durch die Einflüsse von Wasser und die in ihm gelösten festen und gasförmigen Stoffe, von darauf wurzelnden und verwesenden oder faulenden Pflanzen, die Abhängigkeit der Verwitterung und Bodenbildung vom Klima, die Bilder, welche die Verwitterung und Erosion auf dem Land mit seinen Bergen und Tälern erzeugt, und sehen damit auf der einen Seite das Material entstehen,

welches zum Aufbau der Schichtgesteine in Frage kommt, auf der anderen Seite einen bestimmten Formenschatz der Landschaft, den wir bis zu einem Endziel der Abtragung verfolgen oder konstruieren können. So sind die Gesteine und die Ereignisse der Diluvialzeit und des anschließenden Alluviums, d. h. der jüngsten Ablagerungen, die z. T. noch heute entstehen, in erster Linie berufen, auf induktivem Weg das zu ergänzen und zu prüfen, was uns ältere Formationen nur deduktiv folgern lassen; hierin liegt — ganz außerhalb des mehr akzessorischen, fast zufällig zu nennenden Auftretens von Vereisungen — die große Bedeutung der jüngsten Formationen: es erfolgt hier nichts für den Lauf der Erdgeschichte grundsätzlich Neues, sondern nur: *wir erleben es*. Umgekehrt kann auch nichts von dem, was den Inhalt unserer ganzen älteren geologischen Forschung bildete, heute gänzlich aussetzen. Und wenn wir uns fragen: wo entstehen heute Schichten und Zonen mit Fossilien? — so verlegen wir sinngemäß den Schauplatz solcher Ereignisse in jene Meereszonen, in welchen das vom Festland heruntergespülte terrestrische Material sich niederschlägt, nämlich in nicht allzu große Entfernung von demselben — und in erster Linie bleibt unser Auge auf den Flächen der Schelfmeere als Teilen der großen Kontinentalsockel hangen, wo „epikontinentale“ Ablagerungen entstehen müssen, vergleichbar den fossilen, wo unter wärmerem Klima die reichliche Kalkaufnahme durch Organismen der verschiedensten Klassen auch kalkige Gesteine aufwachsen läßt. — *Hebungen* gewisser Teile der Kontinente, welche marine Ablagerungen diluvialen Alters auf Hunderte von Metern über den jetzigen Meeresspiegel versetzt haben, lassen uns den Begriff der *Diagenese*, der Verfestigung, der *Fossilwerdung* von Schichtgesteinen verstehen.

Auf der anderen Seite sind es diese Hebungen, ebenso, wie entsprechende Senkungen, die neuerdings meßbar deutlich da und dort beobachtet sind, die uns lehren, daß wir durchaus nicht den besonderen Vorzug eines Stillstandes jener stets tätigen Kräfte genießen, die wir immer wieder als Senkung und Hebung, d. h. als das eigentliche Agens aller Schichtaufhäufung erkennen mußten.

Eine geringfügige Hebung würde genügen, um England mit dem europäischen Festland zu verbinden, eine geringe Senkung die norddeutsche Tiefebene unter Wasser setzen; die Hebung des südlichen Schweden, die wahrscheinliche Senkung am deutschen Ufer im Ost- und Nordseegebiet in jetziger Zeit sind kein Hinweis darauf, daß die Bewegungsart nunmehr in der einmal eingeschlagenen Richtung weitergehen mußte, denn Hebung und Senkung wechseln ja eben nach der Eiszeit im Ostseegebiet immer wieder. — Könnten wir einen Blick in die Zukunft tun, um uns die Gegenden etwa künftiger Meeresüberflutung zu denken, so würden wir wohl vorzugs-

weise solche Gebiete ins Auge fassen, wo die Landschaft zum Endstadium der Abtragung fortgeschritten ist, zur *Peneplaine* (s. äußere Dynamik), oder überhaupt flache Gebiete. Ein Gebirgsland als solches kann wohl längs Sprüngen verworfen werden, zerbrechen, und mit seinen Bergspitzen aus dem Meer schauen, wie etwa der Peloponnes, viele Inseln des malaischen Archipels — aber das Bild einer Transgression über ein ganzes Gebirge mit seinen Gipfeln und Tälern hinweg kennen wir aus der geologischen Vergangenheit nicht, es müßte denn sein, daß das Meer selber sich beim Transgredieren durch die Tätigkeit der Brandung seinen Weg ebnet, das Bergland allmählich abradierend, wie dies die alte *v. Richthofensche* Anschauung will. So oder so, es ist kein Raum für die Plötzlichkeit solcher Vorgänge auf große Strecken hin.

Erdbeben, und mit ihnen zugleich auftretende Spaltenbildungen, horizontale und vertikale Verschiebungen, lehren uns, daß die Erdrinde niemals völlig zur Ruhe kommt. Die *Vulkane*, z. T. damit eng verknüpft, geben uns durch ihre Tätigkeit die Erklärung für die Erguß- und eruptiven Ganggesteine der Vergangenheit, während die Entstehung von Tiefengesteinen an *bestimmte Gebirgsbildende Faltungsperioden* gebunden scheint.

Wenn wir verfolgen, wie diese Gebirgsbildungen in Europa allmählich von Norden nach Süden sich verschieben, wie an das kaledonische Gebirge der Silur-Devon-Zeit in Schottland und Skandinavien erst weiter im Süden das *karbonische* Faltengebirge in Mitteleuropa sich anschließt, wie im allgemeinen noch weiter südwärts die *tertiären* Gebirgsketten — vielleicht in immer mehr gesteigerter Faltungsintensität — sich aufstauen, wie somit im ganzen das einmal zusammengefaltete Gestein bis zu einem gewissen Grade stabil geworden ist, wie die späteren Faltungsperioden gewissermaßen lokalisierter sind und vorlieb nehmen müssen mit bestimmten Zonen, die noch nicht gefaltet worden waren, die bis eben noch Gebiete besonders intensiver Schichtauffüllung gewesen sind, so lesen wir hieraus eine gewisse Gesetzmäßigkeit. Und wenn wir auch hier einen ahnenden Blick in die Zukunft werfen dürften, so müßten wir nach diesem Gesichtspunkt die Gegenden uns denken, wo solche Ereignisse einmal in ferner Zeit wiederkehren könnten. Oder sollte in dieser Richtung bereits ein gewisses Maß des Geschehens voll sein, sollte die ohne Zweifel bedeutende horizontale Zusammenstauung der kontinentalen Gesteine, die dadurch bedingte erhebliche tangentialen Verkürzung mancher einst weitflächiger Ablagerungsgebiete, und in deren Folge vielleicht eine Auseinanderzerrung gewisser einst eng benachbarter Regionen, — sollten sie alle einen Stand der Entwicklung kennzeichnen, über den hinaus ganz anders geartete Kräfte die Erde zu einer neuartigen Epoche des Geschehens führen könnten? Jedenfalls dürfen wir nicht vergessen, daß ge-

wisse Voraussetzungen für das Wiederkehren mancher Vorgänge der Erdgeschichte jetzt fehlen könnten. — Auf der anderen Seite werden wir stets im Auge behalten, daß die lange Serie der unserer Forschung zugänglichen Gesteine — mag sie auch Dutzende von Kilometern mächtig sein — doch nur eine dünne Haut bedeutet gegenüber den mehr als 6000 km ihres Halbmessers; und neuerdings ringt sich die Erkenntnis durch, daß die uns zugänglichen Erscheinungen, die den Gang der Erdgeschichte entscheidend beeinflussen, ihren eigentlichen Grund haben in Bewegungen jener unbekannten Tiefen, auf deren Aufbau unseren an der Oberfläche der Erde gewonnenen

Begriff „Gestein“ anzuwenden, kaum berechtigt ist, denen gegenüber die Methoden der Geologie überhaupt versagen, und über deren Natur uns bestenfalls geophysikalische Methoden einen gewissen Aufschluß geben. — Ob dort irgendwo noch jetzt durch eine allmähliche Abkühlung der Erde Erstarrungsgesteine entstehen ob dort das große Wirkungsfeld der Regionalmetamorphose, regionaler Umschmelzungen, der Gneisentstehung liegt, ob in solchen Tiefen in früheren Zeiten gebildete Gesteine überhaupt jemals das Licht des Tages erblickt haben, oder ob sie uns ewig verschlossen bleiben — wir wissen es nicht.

Besprechungen.

Goldschmidt, Richard, Einführung in die Vererbungswissenschaft in 21 Vorlesungen für Studierende, Ärzte, Züchter. Vierte verbesserte Auflage. Leipzig, W. Engelmann, 1923. XII, 547 S. und 176 Textfiguren. Preis Gz. 15.

In nicht viel mehr als zwei Jahren ist eine Neuauflage des Buches nötig geworden, über das in unserer Zeitschrift, 1921, S. 66, ausführlich berichtet wurde. Wieder wie damals steht das Buch beherrschend über dem Meer der Vererbungs-literatur, das seitdem noch höher gestiegen und noch weiter in die Breite geflossen ist, und so ist es nicht bloß für den, der in die wissenschaftliche Genetik eingeführt werden will — von Studierenden, Ärzten, Züchtern redet der Titel —, ein überlegener Führer, sondern es gibt auch jedem, der die Weiterentwicklung der Vererbungsforschung in den letzten Jahren in tätiger Anteilnahme miterlebt hat, durch die persönliche Stellungnahme zu aktuellen Problemen reiche Anregung. Der Plan des Buchs hat bis in die meisten Einzelheiten hinein der gleiche bleiben können wie bisher; wenn einmal experimentelles Material über die Vererbungserscheinungen bei haploiden Organismen in größerem Umfang gesammelt sein wird, wird ein Umbau in der Darstellung der Bastardierungslehre, die bis jetzt, wie natürlich, immer von Mendel ausgeht, für didaktische Ziele vielleicht nützlich werden, ebenso in der Darstellung der Geschlechtsbestimmung, die bei den haploid zweihäusigen (heterothallischen) Pflanzen so unvergleichlich durchsichtig vor Augen liegt. Der Umfang des Buchs ist gewachsen, von 519 auf 547 Seiten, und aus 20 Vorlesungen sind 21 geworden. Die 13. Vorlesung behandelt jetzt neben verdeckter Koppelung und Letalfaktoren noch die Erscheinungen der Heterogamie, des Luxurierens und der für die praktische Züchtung so bedeutungsvollen Inzuchtwirkungen, über die viel neue Erfahrungen gesammelt worden sind. Dafür sind die Speziesbastarde herausgenommen und in einer besonderen, der 16. Vorlesung dargestellt, wieder entsprechend dem Anwachsen unser Kenntnis; die für Artkreuzungen so charakteristische Erscheinung der partiellen Sterilität z. B. ist an den klarsten Beispielen, die wir kennen, an Tabakbastarden, eingehend erläutert, auch die neuesten Beobachtungen über die chromosomalen Verhältnisse bei Mischlingen zwischen Arten mit verschiedener Chromosomenzahl werden nach ihrer Bedeutung gewürdigt. Am stärksten umgearbeitet ist die 17. (früher 16.) Vorlesung über das Problem der Mutation, dem der Verfasser in der allerletzten Zeit, ausgehend von seiner

Quantitätshypothese der Erbfaktoren, neue Aspekte abgewonnen hat. Sehr bezeichnend für die Verschiebung, die die Wertung der Ootheren in den letzten Jahren erfahren hat, ist der Umstand, daß sie in der 16. Vorlesung unter die Aristasarde eingereiht sind und nicht mehr als die glänzendsten Paradigmata mutierender Formen figurieren. Wenn nicht alle Einzelheiten, die zur Illustrierung des Ootherenproblems mitgeteilt werden, ganz fehlerfrei dargestellt sind, so kann das niemand weniger wundern als den, der sich dauernd in diesem Labyrinth herumbewegt.

Bedauerlich ist der Rückgang in der Güte der Abbildungen, durch den niemand mehr verstimmt sein wird als der Verfasser selber. Die Figur 89 z. B., die von Seilers technischem Meisterwerk in der 3. Auflage noch so viel sehen ließ, wie man von einer Textfigur auf dem Papier der Nachkriegszeit erwarten kann, ist jetzt vor allem in dem Teilbild b zu einem undeutbaren Schatten geworden, und auch die Hühnervögel der Figur 131a sind nicht viel mehr als Schattenbilder.

Aber solche Mängel wiegen nichts gegenüber der Erneuerung und Verjüngung, die das Buch sonst erfahren hat. Möge es auch in Zukunft der Spiegel sein, der allen neuen Zuwachs der Vererbungswissenschaft weithin sichtbar macht.

O. Renner, Jena.

Freundlich, H., Kapillarchemie. Dritte, vermehrte Auflage. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1923. XVI, 1225 S. Preis Gz. geh. 20; geb. 25.

Um die dritte Auflage dieses Buches so zu gestalten, daß es den Fortschritten der letzten Jahre möglichst gerecht würde, sind Nachträge angefügt worden. Sie lassen einigermaßen erkennen, welche neuen Gedankengänge und neuen Tatsachen sich in der in Frage kommenden Zeit als besonders wichtig herausgestellt haben.

Immer wieder tritt die Bedeutung der von Langmuir und Harkins zuerst entwickelten Anschauung zutage, daß die Moleküle in Oberflächenschichten nicht regellos gelagert sind, sondern eine bestimmte Ordnung haben; so z. B. für die Theorie der Oberflächenspannung und Grenzflächenspannung von Flüssigkeiten und für die katalytische Beeinflussung von Reaktionen an Kohleoberflächen. Nicht minder wichtig ist es, daß nach Volmer die Geschwindigkeit der Kristallisation wesentlich durch die Eigenschaften von Adsorptionsschichten bedingt ist, eine Folge davon ist, daß eine Kristallfläche nicht vertikal zu der Fläche wächst, sondern parallel zu ihr in Schichten konstanter Dicke. Die bisher noch so undurchsichtige Theorie der Beständigkeit hydrophiler Solé ist durch Kravt weitgehend ge-

klärt worden; bei vielen (vielleicht bei allen) hydrophilen Solen kann man danach eine durch die elektrische Ladung der Kolloidteilchen bedingte Beständigkeit von einer durch die Hydratation bedingten unterscheiden. Von wichtigen neuen Tatsachen verdienen die folgenden hervorgehoben zu werden: Die von *Errera* gefundenen, überraschend hohen Dielektrizitätskonstanten von Vanadinpentoxysolen, die durch die Stäbchenform von deren Teilchen hervorgerufen ist; die umkehrbare Verflüssigung und Wiederverfestigung von konzentrierten Eisenoxysolen, die völlig den Gesetzen der langsamen Koagulation gehorcht, und der unmittelbare Nachweis der Elastizität von Solen, die sich auf Grund der Bewegung kleiner Metallteilchen unter dem Einfluß eines Magneten feststellen ließ. *Autoreferat.*

Euler, Hans, Chemie der Enzyme. Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage. II. Teil. Spezielle Chemie der Enzyme. 1. Abschnitt: Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside. München und Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1922. VII, 314 S. und 44 Textfiguren, 16 × 25 cm. Preis Gz. 21.

Dem ersten Bande seines großangelegten Werkes über die Enzyme, der sich mit der allgemeinen Chemie dieser für viele Wissensgebiete so wichtigen und interessanten Körper beschäftigt, läßt der Verfasser jetzt den zweiten Teil folgen, in dem er auf die präparative Chemie der Enzyme näher eingeht und eine in jeder Hinsicht erschöpfende Übersicht über die an den einzelnen Enzymen gewonnenen speziellen Ergebnisse bringt. Alle Vorzüge des Werkes, die bereits in der Besprechung des ersten Bandes (siehe Naturwissenschaften 1922, II, 10, S. 228) rühmend hervorgehoben waren, finden sich in dem vorliegenden Bande in erhöhtem Maße vereinigt, und es steht zu hoffen, daß mit dem bald zu erwartenden Abschluß dieses ausgezeichnet disponierten und tiefgründig schürfenden Unternehmens ein Standardwerk geschaffen wird, das für den Forscher, den Biologen, den Mediziner und Technologen als Lehr- und Nachschlagebuch gleich unentbehrlich werden dürfte.

Um die Beschreibung der Eigenschaften und Wirkungsweise der einzelnen Enzyme übersichtlicher zu gestalten, hat der Verfasser das ungemein reichhaltige Material in zwei Hälften geteilt. In dem hier vorliegenden ersten Abschnitt sind die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside behandelt. In dem bald folgenden zweiten Abschnitt sollen die übrigen Enzyme zusammengefaßt werden.

In der Erkenntnis, daß das theoretische Lehrgebäude der Enzymologie erst im Werden begriffen ist, daß zahlreiche Tatsachen noch vereinzelt stehen und daß für die Entwicklung einer Wissenschaft oft gerade diejenigen Tatsachen von Wert sind, die mit den geläufigen allgemeinen Anschauungen nicht in Zusammenhang oder in Übereinstimmung gebracht werden können, hat sich der Verfasser bemüht, im vorliegenden Bande alle Tatsachen zusammenzustellen, welche dazu beitragen können, ein richtiges und vollständiges Bild von den einzelnen Enzymen zu liefern. Mehr als dies in früheren Darstellungen dieses Gebietes der Fall war, wird daher darauf Wert gelegt, bei jedem Enzym vor allem die Substrate und ihre chemischen Eigenschaften und Umsetzungen eingehend zu schildern. Der Verfasser geht hierbei von der Anschauung aus, der man unbedingt beipflichten wird, daß der Ausbau einer möglichst breiten und vertieften konstitutionschemischen Grundlage für die gesunde Entwicklung der Enzymologie von allergrößter Bedeutung ist und daß

ohne eine solche Grundlage viel Arbeit ohne bleibenden Nutzen verloren geht. Über das Vorkommen der Enzyme werden nur insoweit Angaben gemacht, als solche für die Chemie der Enzyme von Wert sind, in erster Linie für die Darstellung von Enzympräparaten. In allen Fällen ist der Versuch gemacht, wenigstens eine brauchbare Darstellungsmethode für jedes Enzym anzugeben. Besonders eingehend behandelt der Verfasser an vielen Stellen seines Werkes die gerade für biologische Prozesse so wichtige Kinetik der Enzymreaktionen. Er ist sich dabei aber wohl bewußt, daß die Ergebnisse der theoretischen Chemie auf die enzymatischen Vorgänge erst dann sachgemäß angewandt werden können, wenn die Art der stofflichen Veränderungen und der daran beteiligten Komponenten erkannt ist. Wo dies der Fall war, hat sich ja die auf die Ergebnisse der physikalischen Chemie gestützte exakte Behandlung von Reaktionsgeschwindigkeiten und Gleichgewichten besonders in den letzten Jahren als sehr fruchtbar erwiesen. Demzufolge werden in dem Buche von den jetzt vorliegenden Versuchsreihen einige zuverlässige und besonders typische Messungen über die Dynamik der Enzymreaktionen wiedergegeben und zum Teil durch graphische Darstellung erläutert. Auch über den Einfluß der Temperatur finden sich bei jedem Enzym eine Auswahl der genauesten Angaben. Ferner wird die Bedeutung der chemischen Aktivatoren und Paralysatoren, der Salze und besonders der Azidität hervorgehoben, deren Vernachlässigung früher so viele Widersprüche in der Literatur über die Enzyme verursacht hat. Schließlich sind bei jedem Enzym die wichtigsten Methoden zur Messung seiner Wirksamkeit zusammengestellt.

Aus der Abhandlung der einzelnen Enzyme seien besonders erwähnt die interessanten Kapitel über die tierischen und pflanzlichen Lipasen, über die Phosphatasen, die Zellulasen und anologen Enzyme, die umfangreichen und kritisch gesichteten Abschnitte über die Amylasen, über die α -Glukosidasen, darunter die Saccharase (Invertin), über die β -Glukosidasen, darunter das Emulsin, und viele andere. Überall ist der Verfasser bestrebt, ein bis zu den letzten Veröffentlichungen erschöpfendes vollständiges Literaturmaterial heranzubringen. So finden sich auch bereits die neuesten wichtigen Arbeiten über die Anreicherung und Reinigung der Enzympräparate mittels der Absorptionsmethoden eingehend besprochen, wie sie außer von *L. Michaelis* und *Willstätter* besonders auch vom Verfasser selbst ausgebildet worden sind.

Es ist als sicher anzunehmen, daß die Enzymchemie durch Anwendung ihrer quantitativen Methodik auf den lebenden Organismus zur Entwicklung der Biologie und besonders der Medizin noch weitlicher beitragen kann, als dies bisher der Fall war. In dieser Hinsicht befinden wir uns noch in den Anfangsstadien, da systematische Bearbeitungen der einzelnen Organe und Lebensprozesse bis jetzt nur vereinzelt vorliegen. Der Verfasser glaubte daher die Darstellung dieses schließlich wichtigsten Teiles der Enzymologie noch zurückstellen zu müssen in der Hoffnung, in den nächsten Jahren mit größeren Hilfsmitteln einige der jetzt vorhandenen Lücken füllen und dann sein Werk über die Enzyme mit einem dritten Teil: „Über enzymchemische Vorgänge im Organismus“ abschließen zu können, für den die beiden vorangehenden Teile gewissermaßen die Voraussetzungen bilden sollen.

Schon in seiner jetzigen Form ist jedenfalls dem großen Werke des ausgezeichneten Forschers weite Verbreitung zu wünschen. *Felix Ehrlich, Breslau.*

Prjanischnikow, D. N., Die Düngelehre. Nach der fünften russischen Auflage herausgegeben von *M. von Wrangell*. Berlin, Paul Parey, 1923. XII, 450 S. und 84 Abbild. 14 × 22 cm. Preis Gz. geh. 9; geb. 11.

Ein bedeutendes, 456 Seiten umfassendes Werk, das der Übertragung in eine Weltsprache durchaus würdig befunden werden muß, da die ganze Weltliteratur in dem Buche verarbeitet ist. Der russische Autor hat längst seine Spuren in der von ihm vertretenen Wissenschaft durch eigene, sehr beachtenswerte experimentelle Leistungen verdient und außerdem eine Dozententätigkeit von über ein Viertel Jahrhundert hinter sich. Das seine Vorlesungen wiedergebende, nun in deutscher Übersetzung vorliegende Buch hat in der Ursprache bereits mehrere Auflagen erlebt und ist dadurch zu einer großen Fülle und Vollendung der Darstellung herangereift, daß es schon dadurch Beachtung verdient. Die Herausgeberin der guten Übersetzung, die nur ganz selten das richtige Wort (wie z. B. „Ausfuhr“ statt „Hinausfahren“ [S. 364]) verfehlt, hebt in bezug auf die Darstellungsweise hervor: die „zwanglose Verflechtung von Theorie und Praxis, Experiment und Abstraktion, von scheinbar Zufälligem und Gesetzmäßigem“. Der Aufbau des Buches erscheine nie als Zweck, sondern nur als Hilfsmittel, das der Autor bald heranziehe, bald verabschiede. Im Vordergrund stehe nicht das gerechte Verweilen bei jeder einzelnen Spezialfrage, sondern die temperamentvolle Anteilnahme an der Lösung bestimmter Probleme, und in bezug auf das, volle 100 Seiten umfassende, Kapitel über die *Phosphorsäure*, in bezug auf welches der russische Verfasser auch seine hauptsächlichste experimentelle Tätigkeit entfaltet hat, mag es damit seine Richtigkeit haben. Im übrigen möchte Rezensent eher die ruhig objektive Darstellung des Werkes als dessen besondere Tugend preisen. Es liest sich in seiner enzyklopädischen Vollständigkeit eher wie ein guter Artikel aus einem Konversationslexikon. Die Liste von Übersehenem oder unvollständig Dargestelltem, die ein anderer (zu dieser Aufgabe wohlberufener) Rezensent (Nr. 42, 1923, in der D. landw. Presse) gegeben hat, ist außergewöhnlich klein. Fehlen der Angabe von Mitteln zur Abschätzung des natürlichen Nährstoffkapitals im Boden; Ernährung der Pflanze durch organische Stoffe im Boden nach den neuesten Erfahrungen z. B. Dagegen hat Rezensent doch öfters die gehörige Licht- und Schattengebung in der Darstellung vermißt, die manchmal zu einem bloßen getreuen Referate des literarisch Gegebenen herabsinkt.

Trotzdem ist das Buch wegen seines außerordentlich reichen Inhalts für viele Zwecke in hohem Grade empfehlenswert. Es ist überhaupt keine bloße Düngelehre, sondern umfaßt auch noch ein großes Stück Pflanzenernährung, Bodenkunde, mit sehr eingehender Besprechung der Absorptionsercheinungen und eine durch viele Abbildungen gestützte Technologie der Düngerefabrikation, ist also eine ziemlich vollständige (auf den Pflanzenbau bezügliche) Agrikulturchemie.

Was die vielen (mehr als 80) Abbildungen anlangt, so bezieht sich freilich ein noch größerer Teil derselben auf Topfversuche, deren Photogramme benutzt worden sind nicht zum Anschaulichmachen des im Text Beschriebenen, sondern einfach als Darstellungsmittel des quantitativen Ertrags der besprochenen Versuche, weil das Bild rascher gefaßt wird als die Zahl. Diese Methode ist vortrefflich, aber die dadurch erreichte Zahl von Illustrationen gibt auf diese Weise eine übertriebene Vorstellung von der Anschaulichkeit der Darstellung des gesamten Lehrstoffes. Einige Clichés sind

auch veraltet. Leid hat Rezensenten getan, in dem im übrigen so ganz den Zwecken einer (über allem politischen Streite der Länder stehenden) internationalen Wissenschaft dienenden Werke die Spuren einer Kriegshölle entdecken zu müssen. Gemeint ist die Darstellung auf S. 231, als ob die deutsche Superphosphatfabrikation, die vor dem Kriege einen sehr starken Aufschwung erlebte, eigens zum Zwecke des Krieges veranlaßt worden sei, während doch gerade die damalige Entblößung Deutschlands von allem Nitrat klar beweist, wie wenig, ja unsinnig wenig politische Voraussicht für Deutschlands industrielle Maßnahmen dagewesen ist.

Aber wir wollen dem tüchtigen Werke diese eine politische Entgleisung nicht weiter nachtragen, auch nicht einzelne Nachlässigkeiten in bezug auf Orthographie und Eigennamen wie *Lirnur* statt *Liernur* auf S. 387 oder willkürliches Zufügen oder Weglassen von unentbehrlichen Vornamen bei viel vorkommenden Eigennamen. Schade ist auch, daß dem Werke ein Register fehlt; denn es wird vielleicht noch mehr nachgeschlagen als durchgelesen werden. Für die jetzt unsere ganze Ackerwirtschaft beherrschende Frage: Woher die notwendige Phosphorsäure nehmen? kommt es uns sehr gelegen.

Adolf Mayer, Heidelberg.

Ewald, P. P., Kristalle und Röntgenstrahlen. Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher. Sechster Band. Berlin, Julius Springer, 1923. VIII, 326 S. und 189 Abbildungen, 16 × 24 cm. Preis geh. 25 Goldmark, geb. 26,50 Goldmark/6 Dollar; geb. 6,35 Dollar.

Das Buch, das eine erfreuliche Bereicherung der Literatur über die Erforschung der Kristallstruktur darstellt, ist aus sechs für einen weiteren Kreis berechneten Vorträgen an der Münchener Universität hervorgegangen. Daraus ergibt sich von selbst, daß wir es hier mit einer Darstellung zu tun haben, die sich an das für wissenschaftliche Methodik zugängliche Publikum wendet, ohne Spezialkenntnisse zu verlangen. Die ersten Kapitel des vorzüglich illustrierten Buches dienen zur besonderen Einführung. (Von der Atomtheorie, Kristallographische Grundbegriffe, Kristallographische Strukturtheorie, Interferenz, Über Röntgenstrahlen, Übersicht über die experimentellen Verfahren.) Daß in 11 Seiten nur Grundbegriffe der Kristallstrukturlehre erwähnt werden können, ist selbstverständlich. Das macht sich in den späteren Kapiteln, die zum größten Teil von der eigentlichen Kristallstrukturbestimmung handeln, etwas bemerkbar. Ohne Kenntnis der Raumsysteme ist eine eindeutige Bestimmung unmöglich und die Diskussion der Möglichkeiten bleibt unvollständig. Dafür sind in den folgenden Kapiteln die physikalischen Grundlagen der verschiedenen Verfahren (Braggsches Verfahren, Laumethode, Debye-Scherrer-Verfahren, Drehverfahren) in anschaulicher und einfacher Weise entwickelt.

In den Kapiteln Gittergeometrie; Ionengitter, Isomorphie, Mischkristalle; Chemische Gesichtspunkte zur Deutung der Kristallstrukturen; Gitterkräfte und stoffliche Eigenschaften, sind fast alle Fragen der modernen Kristallchemie und Kristallphysik gestreift, wobei die Beurteilung von seiten eines Physikers manchen besonderen Reiz für den Mineralogen hat. Wenn einem Bedauern Ausdruck verliehen werden darf, so ist es dem Bedauern, daß wir nicht mehr über das eigene Arbeitsgebiet des Autors, die Kristallphysik vom strukturellen Standpunkte aus betrachtet, vernahmen. Sicherlich wäre hier ohne starke mathematische Belastung eine etwas mehr in die Tiefe gehende Darstellung möglich gewesen. In 9 Noten, die für den Fach-

mann bestimmt sind, werden sehr wertvolle Ergänzungen zum allgemeinen Text dargeboten. Diese neun Noten behandeln: I. Das reziproke Gitter; II. Die Interferenzbedingungen im Translationsgitter; III. Die Bezifferung der Laue-Aufnahmen mittels gnomonischer Projektion; IV. Debye-Scherrer-Verfahren und quadratische Form; V. Bezifferung der Drehkristallaufnahmen; VI. Die Geometrie der Gitter mit Basis; VII. Der Strukturfaktor; VIII. Die photographische Wirkung der Röntgenstrahlen; IX. Zusammenstellung über Strukturen. Die Zusammenstellung (IX) ist sehr sorgfältig und kommt einem großen Bedürfnis entgegen. Alles in allem liegt hier ein Buch vor, das für Mineralogen, Physiker und Chemiker gleich wertvoll ist. Daß sich heute Mathematiker, Physiker und Chemiker mit dem Gebiet beschäftigen, das lange Jahre dem Mineralogen überlassen wurde, zeigt am besten, wie sehr die hier von autoritativer Seite behandelten Fragen im Brennpunkte wissenschaftlichen Interesses stehen.

P. Niggli, Zürich.

Schoenflies, Arthur, Theorie der Kristallstruktur.

Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1923. XII, 554 S. und 257 Textfiguren. 15 × 23 cm. Preis Gz. 18.

In dieser Zeitschrift hat bei Anlaß des siebenzigsten Geburtstagesfestes, das A. Schoenflies feiern konnte, vom Unterzeichneten dem Wunsch Ausdruck gegeben worden, die grundlegende Schrift „Kristallsysteme und Kristallstruktur“ möge bald in neuer Auflage erscheinen. Der Wunsch ist früh in Erfüllung gegangen. Die vorliegende Schrift stellt eine Neubearbeitung des vor 32 Jahren verfaßten grundlegenden Werkes dar. Der Untertitel „ein Lehrbuch“ zeigt, daß der Verfasser bemüht war, eine für Physiker, Chemiker und Kristallographen gut lesbare Bearbeitung zu liefern. So bedarf das Buch keiner weiteren Empfehlung. Es wird ihm nicht so gehen, wie es vielleicht der ersten Auflage mancherorts gegangen ist, daß sie unaufgeschnitten der Bücherei unverleibt wurde. Mächtig haben die Entdeckungen von Laue das Interesse für das Gebiet der Kristallstrukturlehre gefördert. Und zu den Büchern, die mehr der Strukturbestimmung dienen, ist diese mathematische Deduktion notwendige Ergänzung.

P. Niggli, Zürich.

Gleichen, A., Die Theorie der modernen optischen Instrumente.

Ein Hilfs- und Übungsbuch für Studierende und Konstrukteure optischer Werkstätten, sowie für Ingenieure im Dienste des Heeres und der Marine. Zweite neubearbeitete und vermehrte Auflage. Stuttgart, F. Enke, 1923. XII, 391 S., 289 Figuren und 96 gelöste Aufgaben. 16 × 25 cm. Preis Gz. 12.

Da die erste Auflage in dieser Zeitschrift nicht besprochen worden ist, soll auf den ganzen Inhalt des Buches nebst den Änderungen eingegangen werden. Der allgemeine Teil behandelt im Kapitel I Reflexion, Brechung, Dispersion und Prismen, im Kapitel II die Abbildungsgesetze der Linsensysteme, im Kapitel III die besonders für die Brillenlehre wichtige Dioptrien- und Konvergenzrechnung nach Gullstrand, im Kapitel IV die Strahlenbegrenzung und im Kapitel V die Abbildungsfehler. Neu hinzugekommen ist als Seitenstück zu dem Paragraphen über achromatische Prismen ein solcher über derartige Linsen; der Paragraph über die Tiefe ist erweitert. Im § 41 werden die dem Verf. eigentümlichen Begriffe des Fundamentalstrahls (Strahl, der durch die Spitze der Diakustik geht) und des Mittelpunkts der natürlichen Blende im Objekt-

bzw. Bildraum (Kreuzungspunkt des Fundamentalstrahls mit der optischen Achse in diesen Räumen) neu eingeführt. § 50 bringt als Symmetriebedingung die von Staebke und Lihotzky erweiterte Sinusbedingung. Im § 34 wäre eine genauere Definition der Bildkrümmung erwünscht, um dem üblichen Mißverständnis der Petzvalsehen Bedingung zu begünstigen.

Der spezielle Teil enthält in etwas willkürlicher Anordnung 12 Kapitel mit den Überschriften: Das menschliche Auge. Allgemeine Theorie der optischen Instrumente. Die Lupe. Fernrohre. Sehrohre (Periskope). Stereoskopie. Entfernungsmesser. Zystoskope. Das Mikroskop. Die photographischen Objektive. Ophthalmologische Optik. Aplanatismus.

Kapitel 6 ist durch einen Paragraphen über das linsenlose Auge ergänzt. In Kapitel 7 sind die Fundamentalgleichungen der Abbildung ganz zweckmäßig bezogen auf die Pupillen umgeformt, ferner werden die Begriffe Vergrößerung, Apertur und Helligkeit erläutert. Im 9. Kapitel ist auch auf die Zielfernrohre näher eingegangen; es hätte wohl Erwähnung verdient, daß die pankratischen Fernrohre alt sind und auch als Zielfernrohre für Geschütze seit 40 Jahren weite Verbreitung, besonders auf Kriegsschiffen gefunden haben, ferner daß die Firma Zeiß sich um die Verbesserung der Linsenzielfernrohre für Jagdgewehre erfolgreich bemüht hat. Kapitel 10 ist neu, es behandelt besonders die Aufgabe, für die Periskope bei gegebenen Rohr-abmessungen und optischer Leistung die Brennweiten, Durchmesser und Abstände der Linsen zu bestimmen, eine Aufgabe, die in ähnlicher Form im 13. Kapitel bei den Zystoskopen wiederkehrt. Im Kapitel 14 über das Mikroskop sind insbesondere die Dunkelfeldbeleuchtung und die dafür wichtigen verschiedenen Formen der Spiegelkondensoren und die Ultramikroskopie behandelt und durch die neueren Fortschritte ergänzt. Die Dunkelfeldbeleuchtung wurde früher nur in England gepflegt, doch hat man jetzt auch in Deutschland mehr erkannt, welche Bedeutung sie hat, um nur durch die Brechung unterschiedene, schwach gefärbte oder ultramikroskopische Teilchen sichtbar zu machen. Das Kapitel über die photographischen Objektive ist durch die Daten für einige neuere Typen ergänzt. In dem nächsten Kapitel sind die einlinsigen Brillengläser wesentlich ausführlicher behandelt als in der ersten Auflage und zwar nicht nur die mit Kugelflächen, für die die Vorrechnungsformeln von Weiß aufgenommen sind, sondern auch die mit torischen Flächen; dabei ist besonders auf die Abbildung außer der Achse eingegangen. Es kommt dieser Darstellung zugute, daß der Verf. an der Entwicklung der Brillenoptik bei der Firma Goerz mitgearbeitet hat; die Vorteile der Largongläser sind der Gegenstand einer Streitfrage, die sich durch viele Nummern des Jahrgangs 1922 der Zentralzeitung für Optik und Mechanik hinzieht. Ferner sind in diesem Kapitel auch die mehrlinsigen und deformierten Brillen sowie die neuere Entwicklung des Augenspiegels bis zu den Ophthalmoskopen von Gullstrand und Thorner behandelt. Das letzte Kapitel behandelt zunächst die kartesischen Systeme, bei denen die sphärische Abweichung für alle Zonen streng gehoben ist; dann die aplanatischen Systeme, bei denen auch die Sinusbedingung für alle Zonen erfüllt ist; darunter den Kardiodkondensor, endlich die semiaplanatischen Systeme, bei denen einer der beiden Forderungen nur für die Randzone genügt ist. Die Darstellung ist möglichst leicht verständlich und die Ableitung der Formeln ausführlich gehalten; es werden nur elementare mathematische Kenntnisse vorausgesetzt. Eine

reiche Sammlung von Aufgaben, nebst Lösungen dient dazu, die Aneignung des Stoffs zu befestigen.

A. König, Jena.

Kepler, Johannes, *Mysterium Cosmographicum*. Das Weltgeheimnis. Übersetzt und eingeleitet von Max Caspar. Augsburg, Dr. Benno Filser Verlag, 1923. XXXI, 150 S. und zahlreiche Figuren, 18 × 26 cm.

Keplers Prodiromus dissertationum cosmographicarum, continens *Mysterium cosmographicum* (erschienen 1596; zweite Ausgabe 1621 mit Anmerkungen *Keplers*) liegt nun zum ersten Mal in einer guten deutschen Übersetzung vor, der die Figuren der Originalausgabe beigelegt sind. Eine ausführliche Einleitung des Übersetzers stellt die Bedeutung *Keplers* für die Geschichte der exakten Naturwissenschaften und die Bedeutung des *Mysteriums* für *Keplers* Lebenswerk dar.

Wir sind *M. Caspar* besonderen Dank dafür schuldig, daß er durch diese Übersetzung das Jugendwerk *Keplers* allgemeiner zugänglich gemacht hat. Erst durch das Studium der Originalwerke unserer großen Naturforscher verstehen wir voll die geistige Leistung, die darin für ihre Zeit und für alle Zeiten niedergelegt ist. Noch sind freilich im *Mysterium Cosmographicum* die Ideen *Keplers*, das Kopernikanische Weltsystem mathematisch-geometrisch zu durchdringen, in ihren ersten Anfängen; noch ist er nicht zu seinen drei Gesetzen gelangt. Das Ergebnis seiner ersten Forschungen gibt er selbst in der Vorrede an den Leser an: „Ich habe mir vorgenommen, in diesem Büchlein zu beweisen, daß Gott der Allgütige und Allmächtige bei der Erschaffung unserer beweglichen Welt und bei der Anordnung der Himmelsbahnen jene fünf regelmäßigen Körper, die seit Pythagoras und Plato bis auf unsere Tage so hohen Ruhm gefunden haben, zugrunde gelegt und ihrer Natur Zahl und Proportionen der Himmelsbahnen sowie das Verhältnis der Bewegungen angepaßt hat.“ Und kurz danach: „Die Erde ist das Maß für alle andere Bahnen. Ihr umschreibe ein Dodekaeder, die dieses umspannende Sphäre ist der Mars. Der Marsbahn umschreibe ein Tetraeder; die dieses umspannende Sphäre ist der Jupiter. Der Jupiterbahn umschreibe einen Würfel; die diese umspannende Sphäre ist der Saturn. Nun lege in die Erde ein Ikosaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist die Venus. In die Venusbahn lege ein Oktaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist der Merkur. Da hast du den Grund für die Anzahl von Planeten.“

Aber doch steht *Kepler* in seinem ersten Werk schon dicht an der Entdeckung der Gravitation. „Wir müssen also ausfindig machen, wie es sich mit dieser Abnahme der Kraft verhält“ — sagt er in dem Kapitel: Über das Verhältnis der Bewegungen zu den Bahnen. „Wir wollen nun annehmen, was große Wahrscheinlichkeit für sich hat, daß die Bewegung durch die Sonne nach derselben Gesetzmäßigkeit zugeteilt wird, wie das Licht. In welchem Verhältnis aber die Schwächung des Lichts, das von einem Punkt ausgeht, erfolgt, lehrt die Optik.“

Dabei finden wir gerade in *Keplers* Jugendwerk so viele verwandte Züge mit unserer eigenen Zeit. *Kepler* ist ja einer der großen Vertreter jener Geistesrichtung, welche die Natur geometrisch zu erfassen sucht und auf einfachste Weise zu erfassen sucht. „Die Natur liebt die Einfachheit, sie liebt die Einheit.“ *Kepler* mußte also bedingungslos für *Kopernikus* eintreten. „So hat jener Mann nicht nur die Natur von jenem lästigen und unnützen Hausrat der ganzen großen Zahl von Krei-

sen befreit, er hat uns zudem einen immer noch uner schöpften Schatz von wahrhaft göttlichen Einsichten in die so herrliche Ordnung der ganzen Welt und aller Körper erschlossen“, sagt er von *Kopernikus*. Alle Halbheiten weist *Kepler* zurück. „Niemals konnte ich mich in dieser Sache jenen zustimmen, die sich auf den Fall einer Beweisführung stützen, bei der zufällig auf Grund falscher Voraussetzungen durch zwingende Schlüsse etwas Wahres herauskommt, und sich darauf versteifen, es sei möglich, daß die Anschauungen des *Kopernikus* falsch, die aus ihnen zu erschließenden Erscheinungen aber richtig seien, wie wenn sie sich auf wahre Prinzipien stützten.“ Dieser Satz könnte auch, wenn wir nur den Namen *Kopernikus* durch *Einstein* ersetzen, in unseren Tagen geschrieben sein.

In einem Punkt hatte es *Kepler* leichter als wir. Wir fragen immer wieder: wie kommt es, daß alle Geschehnisse in der unbelebten Natur sich auf wenige Grundgleichungen zurückführen lassen? Für *Kepler* war die Antwort einfach. „Siehe“ — sagt er bei der zweiten Ausgabe seines Werkes — „welch reichen Ertrag mir in den letzten 25 Jahren das Prinzip gebracht hat, von dem ich damals schon aufs festeste überzeugt war: daß die mathematischen Dinge deswegen die Ursachen der Naturdinge bilden, weil Gott, der Schöpfer, die mathematischen Dinge als Urbilder in einfachster und göttlicher Abstraktion von den materiell betrachteten Quantitäten von Ewigkeit her in sich trug.“ — Heute dagegen schließt *Eddington* sein Buch: „Space, Time and Gravitation“ mit den Worten: „Wir haben an den Gestaden des Unbekannten eine sonderbare Fußspur entdeckt. Wir haben tiefgründige Theorien, eine nach der anderen, ersonnen, um ihren Ursprung aufzuklären. Schließlich ist es uns gelungen, das Wesen zu rekonstruieren, von dem die Fußspur herrührt. Und siehe! Es ist unsere eigene.“

A. Kopff, Heidelberg.

Bjerknes, V., Untersuchungen über elektrische Resonanz. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1923. XXXII, 129 S. und 22 Abbildungen im Text, 14 × 22 cm.

Diese sieben Abhandlungen, die *Bjerknes* in den Jahren 1891—1895 als einer der wenigen Schüler von *Heinrich Hertz* verfaßte, und die hier im Neudruck nach den Annalen der Physik vorliegen, können nicht allein als historische Dokumente zur Ergänzung von *Hertz* klassischen „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft“ gelten, sondern als instruktive Einführung in das ganze Gebiet der elektrischen Resonanzerscheinungen. Die Polemik, die sich den Einwänden der „multiplen Resonanz“ gegen die Deutung der Hertzschen Versuche entgegenstellt, ist zur Klärung der Grundbegriffe damals wie heute gleich geeignet und führt überdies tief in die speziellen experimentellen und theoretischen Untersuchungsmethoden über die Dämpfung schneller elektrischer Schwingungen hinein. Zwei besondere Experimentaluntersuchungen sind der Absorption der elektrischen Wellenenergie in Metallen mit Berücksichtigung ihrer Leitfähigkeit gewidmet und führen zur Bestätigung der Maxwell-Hertzschen Lehren. Die theoretische Lösung des Resonanzproblems faßt die letzte ausführliche Abhandlung zusammen. Eine wertvolle Beigabe bildet die dem Andenken von *Heinrich Hertz* gewidmete Einleitung, die ein lebensvolles Bild der Arbeit dieses Großen als Forscher und besonders als Lehrer gibt und gewiß jedem Physiker und Naturwissenschaftler überhaupt Freude machen wird.

A. Lundé, Tübingen.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der reinen und der angewandten Naturwissenschaft

herausgegeben von

ARNOLD BERLINER

Unter besonderer Mitwirkung von **H. BRAUS** in Würzburg

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 52. (Seite 1001—1028)

28. Dezember 1923.

Elfter Jahrgang.

INHALT:

Ungeordnete Bewegung und Mischung im Meere.
Von *H. Thorade, Hamburg.* (Mit 1 Abbildung).
S. 1001.

Über die Aufgabe des Gesanges im Leben der Vögel.
Von *Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.* S. 1006.

Norwegische naturwissenschaftliche Institutionen
und Publikationen außerhalb der Universität. Von
Hjalmar Broch, Christiania. S. 1009.

Der Einfluß der Achsendrehung der Erde auf rotie-
rende Räder. Von *Otto Baschin, Berlin.* S. 1011.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen:
Über das Leuchten der Flammen. Von *Rudolf*

Ladenburg, Breslau, und Hermann Senftleben,
Marburg a. L. S. 1013.

Zur Ableitung der Lorentz-Einsteinschen Trans-
formationsgleichungen. Von *Stanko Hondt,*
Zagreb. S. 1014.

Die Kristallstruktur des Argons. Von *F. Simon*
und *Cl. v. Simson, Berlin.* S. 1015.

Astronomische Mitteilungen. S. 1015—1016.

Bemerkungen zur Aufnahme von funkentelegra-
phischen Zeitsignalen. Die spektroskopischen
Parallaxen des Harvard College Observatory.
Die scheinbare Verteilung der M-Sterne.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Untersuchungen über den Kunstgesang

I. Atem- und Kehlkopfbewegungen.

Von

Dr. Max Nadoleczny,

Privatdozent an der Universität in München.

Mit 73 Abbildungen und 14 Tabellen. (VIII, 270 S.) 1923.

10 Goldmark; gebunden 11,50 Goldmark + 2,40 Dollar; gebunden 2,75 Dollar

Die Naturwissenschaften

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Monatlicher Bezugspreis:

Für das Inland 2,50 Goldmark. Einzelnummer 0,80 Goldmark zuzüglich Porto.

Für das Ausland vierteljährlich 1,80 Dollar, zahlbar zum Gegenwert in der betreffenden Landeswährung, sofern sie stabil ist, oder in Dollar, englischen Pfunden, Schweizer Franken, holländischen Gulden.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23-24
erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ S. 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0,20 Goldmark. Zahlbar nach dem amtlichen Berliner Dollarbriefkurs des Vortages der Zahlung.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Fernsprecher Amt Kurfürst 6060-53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-	{	für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 201 20 Julius Springer,
Konten		für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118 933 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen

mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete — Gemeinsam mit W. Blaschke,
Hamburg, M. Born, Göttingen, C. Runge, Göttingen
Herausgegeben von R. Courant, Göttingen

Band IV

Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers. Von Dr. Erwin Madelung, ord. Professor der theoret. Physik an der Universität Frankfurt a. Main. Mit 20 Textabbildungen. (XII, 247 S.) 1922. 8,25 Goldmark; geb. 10 Goldmark 2 Dollar; geb. 2,40 Dollar.

Band V

Die Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung. Mit Anwendung auf algebraische Zahlen und Gleichungen sowie auf die Kristallographie. Von Andreas Speiser, ord. Professor der Mathematik an der Universität Zürich. (VIII, 194 S.) 1923. 7 Goldmark; geb. 8,50 Goldmark 1,70 Dollar; geb. 2,05 Dollar.

Band VI

Theorie der Differentialgleichungen. Vorlesungen aus dem Gesamtgebiet der gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen. Von Ludwig Bieberbach, o. ö. Professor der Mathematik an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin. Mit 19 Textfiguren. (VIII, 319 S.) 1923. 10 Goldmark; geb. 12 Goldmark 2,40 Dollar; geb. 2,80 Dollar.

Band VII

Vorlesungen über Differential-Geometrie und geometrische Grundlagen von Einsteins Relativitätstheorie von Wilhelm Blaschke, Professor der Mathematik an der Universität Hamburg. II. Affine Differentialgeometrie. Bearbeitet von Kurt Reidemeister, Professor der Mathematik an der Universität Wien. Erste und zweite Auflage. Mit 40 Textabbildungen. (IX, 259 S.) 1923. 8,50 Goldmark; geb. 10 Goldmark 2,05 Dollar; geb. 2,40 Dollar.

Band VIII

Vorlesungen über Topologie. Von B. v. Kerékjártó. I. Flächentopologie. Mit 60 Textfiguren (VIII, 270 S.) 1923. 11,50 Goldmark; geb. 13 Goldmark 2,80 Dollar; geb. 3,20 Dollar.

Band IX.

Einleitung in die Mengenlehre. Eine Elementare Einführung in das Reich des Unendlich-großen von Adolph Fraenkel, a. o. Professor an der Universität Marburg. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 13 Textfiguren (X, 252 S.) 1923. 10,80 Goldmark; geb. 12,30 Goldmark 2,60 Dollar; geb. 3 Dollar.

Die ersten drei Bände sind z. Z. nicht lieferbar; befinden sich im Neudruck.

Ungeordnete Bewegung und Mischung im Meere.

Von H. Thorade, Hamburg.

1. Innere Reibung und Austausch.

Wenn eine seitlich unbegrenzte Strömung von gleichförmiger Tiefe über ebenen Grund hinwegfließt, so werden die bodennahen Schichten durch die Rauigkeit des Bodens am stärksten aufgehoben, aber sie wirken weiter bremsend auf die darüber befindlichen. Man kann zunächst etwa annehmen, daß jede wagerechte, sehr dünn gedachte Schicht sich als Ganzes bewegt, und daß der Vorgang mit der Bewegung eines Stoßes übereinander geschichteter dünner Tafeln zu vergleichen ist (*laminare Bewegung*). Aus Versuchen von Poiseuille (1840 bis 41) über den Durchfluß des Wassers durch enge Röhren kann man schließen, daß die untersten Teilchen am Boden haften, und daß die verzögernde Kraft einer Schicht auf die darüber liegende zum Geschwindigkeitsunterschiede proportional ist. Würde sich also auf einen kleinen Höhenunterschied dz die Geschwindigkeit um dv ändern, so kann man die von der Schicht auf die benachbarte ausgeübte Reibungskraft für 1 qcm

Fläche zu $P = \mu \frac{dv}{dz}$ ansetzen, wo μ eine für jede Flüssigkeit festzustellende Konstante, der Reibungskoeffizient, ist. Er läßt sich deuten als diejenige Kraft, die aufträte, wenn die Schichten 1 cm dick wären und der Geschwindigkeitsunterschied benachbarter Schichten 1 cm/sec betrüge. Sein Wert beträgt für reines Wasser von 0° C $\mu = 0,018$, nimmt aber mit steigendem Salzgehalt, wie Krümmel und Ruppin feststellten (1907), langsam zu und mit steigender Temperatur schnell ab.

Auf Grund der laminaren Bewegung entwickelte Zöppritz (1878) eine Theorie der Meeresströmungen, indem er annahm, daß der Wind die oberste Wasserschicht mit sich schlepe und diese dann ihre Bewegung durch innere Reibung auf die darunter liegenden übertrüge; dies geschieht nach seiner Theorie in ähnlicher Weise, wie etwa die Erwärmung des Erdbodens durch Leitung von der Oberfläche in die Tiefe fortschreitet, und sie hat das Verdienst, grundsätzlich die Wirkung des Windes als Ursache von sog. Triftströmungen nachgewiesen zu haben. Aber seine zahlenmäßigen Ergebnisse widersprechen aller Erfahrung; müßte es doch z. B. allein über 2 Jahre dauern, ehe in 10 m Tiefe nur die halbe Oberflächengeschwindigkeit erreicht wäre!

Dies weist auf einen Fehler in den Voraussetzungen hin. In der Tat sind z. B. Strömungen

in Flüssen meistens von regellosen Wirbeln begleitet, und die Teilchen beschreiben nicht mehr einfache, annähernd geradlinige Bahnen (*turbulente Bewegung*). Von der Annahme turbulenter Bewegung ging namentlich J. Boussinesq (1877) aus bei der Untersuchung von Strömungen in offenen und geschlossenen Läufen, und O. Reynolds (1883) deckte den Zusammenhang zwischen der laminaren und turbulenten Bewegung auf, indem er durch Versuche an Strömungen in Röhren nachwies, daß die laminare Bewegung in die turbulente überzugehen

strebt, sobald der Bruch $\frac{u a \rho}{\mu}$ (u = mittlere Geschwindigkeit, a = Halbmesser des Rohres, ρ = Dichte), die „Reynoldssche Zahl“, einen gewissen Wert übersteigt. Die sehr zahlreichen seitdem im Interesse des Schiffbaus und der Luftschiffahrt, besonders auch neuerlich gemachten Untersuchungen dieses Gegenstandes gestatten leider keinen Schluß auf die ganz andersartigen ozeanischen Verhältnisse; da die linearen Ausmaße (das a der Reynoldsschen Zahl) hier sehr groß sind, so muß man erwarten, daß bereits bei ganz geringen Geschwindigkeiten u der kritische Wert erreicht wird, jenseits dessen die Bewegung turbulent wird.

Erst F. Nansens Polarfahrt (1893–96) brachte neue Anregung, indem sie V. W. Ekman veranlaßte, den Ursachen der Triftströme erneut theoretisch nachzugehen (1902, 1905, 1906) mit dem Ergebnis, daß u. a. die Windwirkung nur in beschränkte Tiefen reicht, dorthin aber schnell vordringt. Dies veränderte Bild erhielt Ekman dadurch, daß er über Zöppritz hinaus 1. auch die Wirkung der Erdrotation und 2. der Turbulenz berücksichtigte. Letztere läßt sich so ansehen, als ob durch die ungeordnete Wirbelbewegung zahlreiche Teilchen aus einer Schicht in die benachbarte eindringen und deren Teilchen antreiben; die Antriebe bestehen aus einem unregelmäßigen Anteil, der, über eine große Anzahl Teilchen addiert, verschwindet, und einem regelmäßigen, allen gemeinsamen, der aus der strömenden Bewegung der Ursprungsschicht stammt, und den sie auf die Nachbarschicht übertragen, ganz ähnlich wie die Molekulartheorie dies für die Molekeln annimmt, aus deren Wirkung sie die Poiseuillesche Reibung ableitet. Nur ist jetzt die Übertragung von Schicht auf Schicht in großem Maßstabe, eine viel lebhaftere und soll daher im folgenden nicht mehr Reibung, sondern Scheinrei-

bung oder, nach einem Vorschlage von W. Schmidt (1917), „Austausch“ genannt werden; die molekulare Reibung tritt dagegen völlig zurück. Da auch die Übertragung der Wärme, des Salzgehaltes usw. so gut wie allein auf dem Mischungsvorgange beruht, so sprach W. Schmidt (1917) die Ansicht aus, daß theoretisch dieselbe Austauschzahl A für scheinbare Reibung, Wärmeleitung und Diffusion gelten müßte, das steht im Gegensatz zu der Anschauung von J. P. Jacobsen (1913), der es für durchaus denkbar hält, daß eine Wassermasse etwa in ihre Ursprungsschicht zurückkehrt, ohne daß Temperatur und Salzgehalt sich völlig ausgetauscht haben, während ein Austausch der Bewegungsgröße sofort erfolgen muß, daß also der Austausch der Geschwindigkeit zahlenmäßig den der Temperatur und des Salzgehalts übertrifft.

Zwar können die unten aufgeführten Versuche, die Austauschzahl aus der Geschwindigkeit (A_v), aus der Temperatur (A_T) und aus dem Salzgehalt (A_g) zu bestimmen, bei dem gegenwärtigen Stande der Forschung nicht viel mehr als eine Anschauung von der Größenordnung geben. Soviel ist jedoch von vornherein zu erwarten, daß die Wirbelbildung und damit der Austausch in homogenem Wasser sehr viel größer ist, als wenn das Wasser aus Schichten mit sprunghaft verschiedenem spezifischen Gewichte besteht. Das bewies schon Ekman grundsätzlich durch einen Versuch: Er bedeckte den Boden eines weiten zylindrischen Gefäßes mit Sand und schichtete darüber Wasserschichten verschiedenen spezifischen Gewichts; dann versetzte er das Gefäß in langsame Drehung und beobachtete, wie stark die Wasserschichten mitgenommen wurden. Derselbe Versuch wurde dann mit homogenem Wasser wiederholt. Beim ersten Versuche war die Übertragung gering, der Reibungskoeffizient stieg in 400 sec von 0,0155 auf 0,023, beim zweiten jedoch in etwa 100 sec von 0,051 auf 0,20, ein Beweis für die ungleich stärkere Turbulenz, während im ersten Falle die Wirbelbildung durch die Sprungschichten gehindert wurde.

II. Austausch (A) der Geschwindigkeit.

a) Triftströme (vom Winde erzeugte Ströme).

Nach der Ekmanschen Theorie bewirken Erdrotation und Scheinreibung, daß in einer beschränkten Tiefe, der „Reibungstiefe“ D , der Triftstrom so gut wie vollständig aufhört; diese Tiefe ist

$$D = \sqrt{\frac{A_v}{q \cdot \omega \sin \varphi}}$$

(q = spez. Gewicht des Meerwassers, ω = Winkelgeschwindigkeit der Erde, φ = geographische Breite). Es ist also möglich, aus Beobachtungen der Reibungstiefe die Austauschzahl A_v zu berechnen; nur sind Beobachtungen der Reibungstiefe noch recht spärlich. Krümmel gibt (1911)

in 8° N-Br. etwa 150 m als Mächtigkeit des Triftstromes an und findet $A_v = 240-300$ cgs etwa, d. i. viele Tausend mal so viel wie die innere Reibung. W. Brennecke (1921) beobachtete auf der Eistrift der „Deutschland“ im Weddellmeer $D = 50$ m ungefähr, was auf $A_v = 220^1$ führen würde; doch ist die Eistrift keine eigentliche Meeresströmung. Man kann jedoch auch auf einem Umwege zum Ziele kommen. Ekman bezeichnet den tangentialen Druck des Windes auf die Wasseroberfläche mit T und findet dann, daß die Geschwindigkeit des Oberflächenstroms theoretisch

$$v = \frac{T}{\sqrt{2 A_v q \omega \sin \varphi}}$$

sein sollte. Aus den Beobachtungen Nansens leitete er $v = 0,0127 w / \sqrt{\sin \varphi}$ ab (w = Windgeschwindigkeit in cm/sec, an Bord gemessen), eine Beziehung, die Verf. (1914) durch eine Untersuchung mehrerer Meeresströmungen in verschiedener geographischer Breite, aus denen sich für Windstärken über 3 Beaufort

$$v = \frac{0,0126 w}{\sqrt{\sin \varphi}}$$

ergab, bestätigen konnte. Andererseits gewinnt Ekman aus Beobachtungen über die Sturmflut in der Ostsee 1872 für den Winddruck die Beziehung $T = 3,2 \cdot 10^{-6} w^2$. Damit enthält die obige Formel, nachdem v eliminiert ist, nur noch die Unbekannte A_v , und es folgt für Windstärken von 3 Bft. an:

$$A_v = 4,3 \cdot 10^{-4} w^2.$$

Die Austauschzahl²⁾ nimmt danach mit steigender Windstärke zu; sie würde bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 500 cm/sec etwa $A_v = 110$ sein. Bei einem Passat von 700 cm/sec wäre $A_v = 210$, was zu der Beobachtung Krümmels ungefähr stimmt. Doch ist die Formel $T = 3,2 \cdot 10^{-6} w^2$ später angefochten worden, und

$$\text{auch } v = \frac{0,0126 w}{\sqrt{\sin \varphi}}$$

stellt nur ein Mittel von Beobachtungen dar, die im einzelnen vielfach stark abweichen; immerhin ist hinsichtlich der Größenordnung Übereinstimmung vorhanden. Was die Energie der ungeordneten Wirbel betrifft, so würde sie nach W. Schmidt ausreichen, die lebendige Kraft auch schneller Strömungen, sobald die treibende Kraft wegfällt, in wenigen Tagen aufzuzehren; sie ist, außer bei Sprungschichten, bedeutend größer als die Arbeit, welche die Teilchen gegen stabile Lagerung leisten müssen, damit es überhaupt zur Mischung kommt.

b) Konvektionsströme, d. i. durch Dichteunterschiede veranlaßte Ströme, nimmt J. P. Jacobsen (1913) zum Ausgang, indem er Beobachtungen des am Ausgange der Belte zum Kattégatt gelegenen Feuerschiffs „Schultz Grund“ verwertet. Hier dringt schweres, salzreiches Nordseewasser in die Tiefe in die Belte ein, während oben leichtes ausgesüßtes Ostsee-

¹⁾ Die Zahlenangaben gelten, soweit nichts anderes bemerkt, im c.g.s.-System. Die Dimension des A_v ist [$m l^{-1} t^{-1}$], also $cm^{-1} g sec^{-1}$.

²⁾ Die Konstante $4,3 \cdot 10^{-4}$ hat die Dimension [$m l^{-3} t$], also $cm^{-3} g sec$.

wasser hinausfließt. Im Mittel der über ein Jahr erstreckten Beobachtungen können die Verhältnisse als stationär angenommen werden; der Tangentialschub des Windes hebt sich dann im Jahresmittel wegen des Wechsels der Richtungen fast hinweg, so daß als treibende Kräfte nur die Druckwirkungen der verschiedenen Wassersäulen übrig bleiben; wenn die Bewegung stationär ist, so müssen diese gerade durch die Reibung wieder aufgehoben werden; denn wegen der Schmalheit der Rinne kann von Querströmungen abgesehen werden. Legt man die x -Achse eines Koordinatensystems in die Längsrichtung des Gewässers und die z -Achse von der Oberfläche senkrecht nach unten, so lassen sich, wenn noch p den Druck und g die Fallbeschleunigung bezeichnet, die Kräfte durch die Gleichung:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial z \partial x} = g \frac{\partial q}{\partial x}$$

ausdrücken, während die Bedingung stationärer Verhältnisse auf

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial (qv)}{\partial z} \right)^3$$

führt. Indem *Jacobsen* zwischen beiden Gleichungen p eliminiert und für die Berechnung der Dichte q fünfjährige Beobachtungen des Salzgehalts und der Temperatur verwendet, gewinnt er als wahrscheinlichste Werte für A_v die folgenden:

Tiefe in m	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
A_v	3,1	3,1	2,7	2,2	1,9	3,8

Werte, die unter sich in Anbetracht der Schichtungsverhältnisse erträglich stimmen, und die bei einem Vergleiche mit den unter a) aufgezählten, in mehr homogenem Wasser gültigen, zeigen, wie sehr die Schichtung des Wassers die Größenordnung des Austausches herabsetzt, indem sie wenig mehr als den hundertsten Teil ausmachen.

c) *Gezeitenströme*. Die kosmischen Gezeitenkräfte würden in einem reibungsfreien Meere allen Wasserteilchen an einer beliebigen Stelle von der Oberfläche bis zum Grunde dieselbe hin- und herflutende Bewegung erteilen. Wenn also die Bewegung in der Tiefe eine andere ist als an der Oberfläche, so wird dies an den Reibungskräften liegen, und diese können aus der Verschiedenheit der Strömungen oben und unten ermittelt werden. Der Unterschied äußert sich nun einmal in einem geringeren Ausmaß der Bewegung unten (Dämpfung der Amplitude) und dann in einem Gangunterschied (Phasenverschiebung), indem der Strom unten zu einer anderen Zeit kenter als oben. *Jacobsen* berechnet (1913) aus diesen Verschiedenheiten folgende Werte für A_v :

³⁾ *Jacobsen* setzt A_v statt des bisherigen A_v/q , so daß also bei ihm A_v (und ebenso unten A_g und A_s , übrigens auch bei *Gehrke* und *McEwen*) die Dimension $\text{cm}^2 \text{sec}^{-1}$ hat. Da aber q für Seewasser fast = 1 ist, so ist dieser Unterschied unerheblich, und die verschiedenen A sind vergleichbare Werte.

Aus:	Amplitude	Phase
Feuerschiff Amholt Knob $A_v =$	11,4	5,6
Feuerschiff Schults Grund $A_v =$	1,41	0,29

Die Verschiedenheit der Werte deutet an, daß die einfache Anwendung der Gesetze der gedämpften Schwingungen auf die Frage der Gezeitenströme kaum mehr ist als eine rohe Annäherung. Indessen bestätigen sie die schon oben gefundene starke Verminderung der Wirbelbildung in geschichtetem Wasser gegenüber homogenem.

III. Austausch (A_v) der Temperatur.

J. Gehrke (1909) hat wohl zuerst versucht, auf Grund der Vorstellung von der Mischung zu wenigstens qualitativen Ergebnissen zu gelangen. Auch hier bildet die in der theoretischen Physik wohlbekannte Gleichung der Wärmeleitung

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)$$

(θ = Temperatur, k = Temperaturleitungskoeffizient) den Ausgangspunkt, nur tritt an die Stelle der Leitfähigkeit jetzt eine bedeutend größere Zahl, die hier A_g heißen soll. Aus Beobachtungen im Finnischen Meerbusen schloß er, daß der Austausch in verschiedener Tiefe verschieden groß ist und außerdem von der Jahreszeit abhängt. In einer späteren Abhandlung (1913) findet er an der Oberfläche des Bornholmtiefs $A_g = 13$, in 10 m Tiefe $A_g = 6$.

Die Temperatur steht auch im Mittelpunkt ausgedehnter Untersuchungen *W. Schmidts* (1917); danach pflanzen sich plötzliche oberflächliche Temperaturänderungen durch Austausch sehr schnell in die Tiefe fort. Bei einem $A_g = 100$, das allerdings, wie sich unten zeigen wird, ziemlich hoch gegriffen ist, berechnet er, daß z. B. $\frac{1}{2}$ der oberflächlichen Änderung nach einer Stunde bereits in 4 m Tiefe, nach einem Tage in 20 m Tiefe angetroffen würden. (Übrigens würde das gleiche von Stromgeschwindigkeiten gelten, im Gegensatz zu den oben erwähnten Anschauungen von *Zoeppritsch*.) Dadurch würden sich z. B. auffällige Temperaturschwankungen, wie sie die Planktonexpedition in oberflächennahen Schichten der Sargassosee fand, aus verhältnismäßig geringen Änderungen an der Oberfläche zwanglos erklären lassen. Eine lehrreiche Anwendung macht *Schmidt* auf die Temperaturen in sehr großer Tiefe. Die Theorie hat gezeigt, daß beim Mischen ohne äußere Wärmezufuhr die Temperatur, wenn sie auch unter der Meeresoberfläche zuerst abnimmt, nach dem Boden hin wieder wachsen muß (adiabatisches Gefälle), ähnlich wie dies im Luftmeere der Fall ist; doch ist die Zunahme wegen der geringen Zusammendrückbarkeit des Wassers viel kleiner und nur in sehr großen Tiefen wahrnehmbar. Beobachtungen haben nun gelegentlich eine stärkere Zunahme gezeigt, als die Theorie sie fordert, und man erklärt dies durch Wärmezufuhr aus dem Erdkörper,

den Maß bekannt ist und damit eine Berechnung der Austauschzahl gestattet. So findet Schmidt für den Philippinengraben $A_v = 3,2$ für den Neupommerngraben $A_v = 2,0$ als Durchschnittswert der Bodenschichten von etwa 5000 m Tiefe ab. Dies spricht für Mischungsvorgänge in diesen Gräben, die von ähnlichem Betrage sind, wie sie sich aus der Beobachtung einer Sprungschicht in der Adria ergaben, nämlich $A_v = 2,5$, also immerhin merkliche Größen, während die gewöhnliche Leitfähigkeit des Wassers nur 0,0013 etwa ist. Auch in diesen großen Tiefen herrscht danach keine Ruhe.

Für die oberen Wasserschichten läßt sich A_v aus dem täglichen und jährlichen Gange der Temperatur ermitteln, die beide in der Art gedämpfter Schwingungen, also mit Abnahme der Amplitude und mit Phasenverzögerung in die Tiefe eindringen. Beobachtungen Knotts im Mittelmeer über die Tagesschwankung der Temperatur in verschiedenen Tiefen liefern nach Schmidt $A_v = 42$, während Angaben von Knipowitsch über die Jahresschwankung im Motowskijfjorde (Murmanküste) auf $A_v = 250-300$ (aus der Amplitude) und auf $A_v = 280$ (aus der Phase) führen. Es bleibt abzuwarten, ob diese hohen Werte sich bestätigen, zumal es schwer ist zu beurteilen, ob noch andere Umstände als die von der Oberfläche ausgehende Erwärmung bei der Wärmeverteilung mitgewirkt haben.

McEwen (1918) hat versucht, die einzelnen Ursachen der Wärmeverteilung im Meere, getrennt voneinander, mathematisch zu erfassen, und die Formeln mit gutem Erfolge besonders an Beobachtungen aus den kalifornischen Gewässern geprüft. Er entwickelt zuerst eine Formel zur Berechnung der verschiedenen Monatsmittel an irgendeinem Orte zwischen 30° und 40° nördlicher Breite, soweit die Temperatur auf Sonnenstrahlung allein beruht. Zweitens wird der Wärmetransport durch wagerechte Strömungen mathematisch ausgedrückt und dieser Ausdruck durch das Verhalten des Kalifornischen und Kanarenstroms bestätigt. Endlich wird der Einfluß senkrechter Strömungen berechnet, die gerade an der kalifornischen Küste eine große Rolle spielen, indem die Oberflächenströmung das Wasser so stark von der Küste fortzieht, daß zum Ersatz kaltes Wasser aus der Tiefe aufsteigt („Auftrieb“). Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände wird übrigens die Schlußformel äußerst verwickelt. Die Beobachtungen über die Jahresschwankung und den Jahresgang in der Tiefe führen auf $A_v = 30$.

IV. Austausch (A_v) des Salzgehalts.

Mit dem letzten Werte $A_v = 30$ stimmt recht gut der aus der Schwankung des Salzgehalts in demselben Gebiete von McEwen berechnete $A_v = 41$, auch die Abnahme der jährlichen Salzgehaltsschwankung mit der Tiefe, wie sie Knipowitsch an der Murmanküste beobachtete, liefert nach

W. Schmidt $A_v = 40$, wobei freilich wohl noch andere Ursachen mitsprechen.

Besonders eingehend hat J. P. Jacobsen (1913, 1915 und 1918) die Frage des Salzgehaltsaustausches behandelt, doch handelt es sich um Beobachtungen aus dem Kattegatt, aus dem Transisvaagfjord (Färöer) und dem Randersfjord (Jütland), also stets mehr oder weniger um geschichtetes Wasser, wo kleine A_v zu erwarten sind. Bezeichnet man den Salzgehalt mit S , so ist, wenn die Bezeichnungen wie oben, S. 1003, gewählt werden, A_v zu berechnen durch Integration der Gleichung

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial S}{\partial z} \right) = v \frac{\partial S}{\partial x}$$

So erhält Jacobsen für das Feuerschiff Schultz Grund:

Tiefe	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0 m
$A_v =$	0,3	0,4	0,18	0,05	0,04	0,20, wogeg n
$A_v =$	3,1	3,1	2,7	2,2	1,9	3,8 war.

Der ähnliche Gang von A_v und A_v scheint dafür zu sprechen, daß die Werte in gewissem Grade verläßlich sind, daß also hier A_v viel kleiner ist als A_v (vgl. die Erklärung S. 1002). Dasselbe Ergebnis, das der (S. 1002) Ansicht Schmidts widerspricht, es sei $A_v = A_v = A_v$, hat Jacobsens Auswertung der Beobachtungen im Randersfjord, durch:

Tiefe:	1	2	3 m
$A_v =$	0,6	0,5	0,4
$A_v =$	(3,5)	2,5	2,6

Etwas größer findet er A_v im Transisvaagfjord, wo allerdings die Schichtung weniger ausgesprochen ist als im Kattegatt. Aus zwei Berechnungen folgt beide Male $A_v = 8$, also von höherer Größenordnung.

V. Übersicht. Folgerungen.

Der vorstehende Bericht, der keine vollständige Aufzählung bieten, sondern nur die wichtigsten Versuche, die Mischungsvorgänge zahlenmäßig zu erfassen, darstellen will, führte auf folgende Werte:

1. A_v

Aquatorialstrom (Krümmel).....	240-300
Weddellsee (Brennecke).....	220
Nordpolarbecken (Nansen-Elman).....	5 m/sec Wind ... 1,0
Verschiedene Strömungen (Thorade).....	7 m/sec Wind ... 210
Kattegatt, Konvektionsstrom.....	Jacobsen { 1,9-3,8
Kattegatt, Gezeitenstrom.....	Jacobsen { 0,3-11

2. A_v

Bornholmtief (Gehrcke).....	6-13
Neupommern-, Philippinengraben (Schmidt)....	2,0-3,2
Adria, Sprungschicht (Schmidt).....	2,5
Mittelmeer, Tagesschwankung (Schmidt).....	42
Motowskijfjord, Jahresschwankung (Schmidt) 250-300, 280	
Kalifornische Gewässer, Jahresgang (McEwen)	30

3. A_S

Kalifornische Gewässer, Jahresgang (McEwen)	41
Murmanküste (Schmidt)	40
Kattegatt	0,04—0,4
Randersfjord	(Jacobsen) 0,4—0,6
Trangisvaagfjord	8

Es ist nicht zu verkennen, daß die Werte noch weit auseinandergehen, und daß es noch mancher Beobachtungen bedürfen wird, ehe der Austausch in seiner Abhängigkeit von verschiedenen Begleitumständen klar erkannt wird, wenn auch zweierlei wohl schon aus der obigen Aufstellung mit Sicherheit hervorgeht: der außerordentliche Einfluß der Schichtung des Wassers und die, wenigstens oft, stärkere Übertragung der Bewegung gegenüber Temperatur und Salzgehalt. Man darf dabei nicht vergessen, daß die A nicht streng miteinander vergleichbar sind, da sie Mittelwerte ganz verschieden starker Schichten, unter verschiedenen Umständen genommen, darstellen.

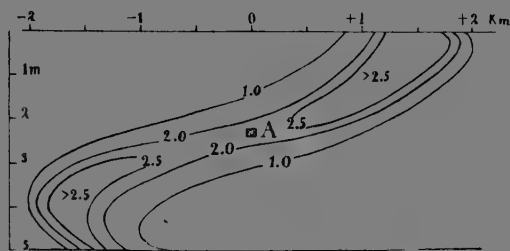
Von welcher weittragender Bedeutung die ungeordneten Bewegungen sind, das zeigen die Folgerungen, die Jacobsen aus den unter sich ziemlich gut stimmenden A_S im Trangisvaagfjord und im Randersfjord zieht. Er sucht zunächst den Begriff der Mischung konkreter zu fassen, was freilich nur mittels einer Annahme gelingt, einer Annahme allerdings, die dem aus der Molekulartheorie bekannten Maxwell'schen Verteilungsgesetze entspricht und daher eine ähnliche Berechtigung hat: Das Wasser sei geschichtet, und die Abstände der Mitte der Schichten von einer beliebigen Fläche, etwa der Mitte einer Anfangsschicht, mit z bezeichnet. Ferner heiße q derjenige Teil eines Kubikzentimeters Wasser, der anfangs in der um z entfernten Schicht war und nach 1 Sekunde in 1 cm der Anfangsschicht eingedrungen ist. Hierfür wird die Annahme gemacht:

$$q = k(1 + \beta z) e^{-\alpha z^2}$$

wo k , β , α noch zu bestimmende Faktoren sind. Der Faktor $(1 + \beta z)$ ist wegen der Strömungen des Wassers notwendig. Als dann ergibt sich

$$k = \frac{1}{\sqrt{4\pi A_S}}; \quad \beta \text{ und } \alpha \text{ lassen sich aus } k \text{ berechnen, und damit ergibt sich } q, \text{ das sich also berechnen läßt, wenn man } A_S \text{ kennt.}$$

Z. B. möge im Trangisvaagfjord eine 1 m dicke Wasserschicht gleichförmig mit Fischlaich durchsetzt sein; dann würde in ihr nach etwa $2\frac{1}{2}$ Stunden nur noch $\frac{1}{10}$ der anfänglichen Dichte anzutreffen sein, während $\frac{1}{20}$ sich in einer 5 m entfernten Schicht vorfindet usw. Sollten Organismen auf diese Weise den Boden oder die Oberfläche erreichen, so werden sie von dort wieder zurückwandern, gewissermaßen spiegelnd zurückgeworfen werden. Für den Randersfjord, aus dem oberflächlich leichtes Wasser ausströmt, während in der Tiefe schweres Wasser eindringt, entwirft Jacobsen nachstehendes Bild.



Verbreitung von Planktonorganismen durch Strom und Vermischung im Randersfjord, berechnet für 6 Stunden. Die Figur stellt einen Längsschnitt durch den Fjord dar. A bezeichnet den Platz der Organismen vor der Verbreitung, die Kurven die Grenzen der Gebiete, wo die Dichtigkeit der Organismen nach der Verbreitung 2,5, 2,0 und 1,0⁰/₁₀₀ der ursprünglichen Dichte bei 1 beträgt. Bei A selbst bleiben nur 2,2⁰/₁₀₀ zurück.

Die in einer bestimmten Schicht vorhandenen Organismen verbreiten sich also selbst bei der geringen Mischungsintensität im Fjord ($A_S = 0,3—0,6$) durch die anderen Schichten hin und werden dann von den Strömungen in verschiedener Richtung bewegt. Zukünftige Beobachtungen werden den Beweis zu erbringen haben, wie weit sich diese aus den Mischungsvorgängen abgeleitete Theorie Jacobsens bestätigt.

Literatur.

- Poisson, Recherches expérimentales usw. Comptes rendus II, 12, 1840/41.
 K. Zeeprütz, Hydrodynamische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Phys. 1878, III, Ann. d. Hydr. 1878.
 J. Boussinesq, Essai sur la théorie des eaux courantes. Mém. Sav. Etr. 23, 24, Sciences math. et phys., Paris 1877.
 O. Reynolds, An experimental investigation . . . Phil. Trans. London 1883.
 F. Nansen, The oceanography of the North Polar Basin. The Norw. North Polar Exped. 1893—96, Scient. results III, London 1902.
 V. W. Ekman, On the influence of the earth's rotation on ocean currents. Arkiv Mat. Astr. Fys. 2, 11; K. Svenska Vet. Ak. Stockholm 1905.
 — Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Hydr. 1906.
 O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, II, Aufl., Stuttgart 1907 u. 1911.
 J. Gehrke, Beitrag zur Hydrographie des Finnischen Meerbusens. Finn. Hyd. Biol. Unt. III, Helsingfors 1909.
 — Om vertikale Varmestrømme i Hævet. Kopenhagen 1912, zit. b. Jacobsen.
 H. Thorade, Die Geschwindigkeit von Triftströmungen und die Ekman'sche Theorie. Ann. d. Hydr. 1914.
 J. P. Jacobsen, Beitrag zur Hydrographie der dänischen Gewässer. Medl. Komm. Havn 1896, 5. ser. Serie Hydrogr. Bd. II, Nr. 2, Kopenhagen 1913.
 — Hydrographical investigations in Faeroe waters. Eftersk. Nr. 4, Kopenhagen 1915.
 — Hydrograph. Untersuch. in Randersfjord, ebenda Nr. 7, Kopenhagen 1918.
 W. Schmidt, Wirkungen der ungeordneten Bewegung im Wasser der Meere und Seen. Ann. d. Hydr. 1917.
 McEwen, Ocean temperatures, their relation to solar radiation and oceanic circulation. Scripps Instit., Univ. of California, 1918.
 W. Brunneke, Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911—1912. A. d. Archiv d. Deutschen Seewarte, Hamburg 1921.

Über die Aufgabe des Gesanges im Leben der Vögel.

Von Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.

Im April/Juliheft des laufenden Jahrgangs des Journals für Ornithologie veröffentlicht der Freiburger Anatom H. Böker eine Arbeit „der Gesang der Vögel und der periodische Ablauf der Spermiogenese“, die einen Markstein in der Geschichte der biologischen Anatomie bedeuten dürfte. Wird doch von B. zum ersten Male versucht, den anatomischen Veränderungen nachzugehen, welche mit den einzelnen Abschnitten in der Entwicklung des Vogelliedes zeitlich zusammenfallen. Von welcher Tragweite das ist, braucht nicht weiterschweifig auseinandergesetzt werden. Weil wir auf Grund unserer biologischen Erfahrungen dem Freiburger Anatomen entgegentreten müssen, gewinnt diese Kritik seiner Arbeit ein recht negatives Gepräge. Um so mehr erscheint es deshalb als Pflicht, die positive Bedeutung des von ihm Geleisteten gebührend hervorzuheben; sind wir doch hinsichtlich eines weiten Begriffskreises durch ihn zur Klarheit gelangt, wo wir vordem im Dunkeln taptten.

Die Arbeitsteilung zwischen dem Biologen und dem Anatomen ist aber leider nicht so leicht und einfach zu vollziehen, wie es ein Unkundiger vielleicht glauben möchte. Selbst die Erfahrung eines langen Lebens erscheint dem Biologen in den meisten Fällen noch nicht als genügend, um endgültige Schlüsse zu ziehen. Ganz unwillkürlich wird er zum *Synoptiker*, der immer wieder große Gruppen von Beobachtungen kritisch zusammenfaßt; denn je länger, je mehr muß er zu der Erkenntnis gelangen, daß individuelle Abweichungen und regelwidrige Entwicklung gerade auf seinem Arbeitsgebiet so viel Ausnahmen bedingen, daß der Wert der Einzelbeobachtung überaus gering sein kann.

Darum wäre es wohl das Ideal, wenn ein älterer Biologe, der den Erfahrungsschatz mehrerer Jahrzehnte richtig nützen kann, an solche Untersuchungen heranträte, ein Mann, der als Beobachter etwa einem *Neumann, Altum, Heinroth* entspräche. Das dürfte aber vielleicht noch auf lange hinaus ein frommer Wunsch bleiben, und so wird man auch in Zukunft hier wohl mit einer Arbeitsteilung rechnen müssen, die deshalb nicht zu den erwarteten Ergebnissen führt, weil der Anatom nicht die genügende Schulung in biologischen Dingen, der Biolog dagegen nicht hinreichende anatomische Kenntnisse besitzt. Je mehr sie von diesen ihren Mängeln selber durchdrungen sind, um so segensreicher dürfte ihre gemeinsame Arbeit werden.

Gerade bei solchen Fragen ist die Menge der Beobachtungen von entscheidender Bedeutung. Als Tierpfleger mußte ich gar bald zu dieser Erkenntnis gelangen. Gerade deshalb verpflegte ich ein ganzes Menschenalter hindurch solche Mengen von Vögeln, daß deren Unterhalt einen Aufwand erheischte, der zu meinen Einnahmen in schreien-

dem Mißverhältnis stand. Ich wußte ja nur allzugut, daß ich meinen Mitarbeitern an Schärfe der Beobachtungsgabe kaum überlegen bin, aber ebenso war es mir bald klar, daß die Möglichkeit, erhellende Beobachtungen zu machen, bei 70 Vögeln zehnmal so groß ist als bei 7, zumal es sich, sonderlich im Anfange, in der Regel um Zufallsbeobachtungen handelt. So schränkte ich denn selbst in der Not der Kriegsjahre meine Vogelhaltung möglichst wenig ein, weil ich mir der Tatsache wohl bewußt war, daß hier das wichtigste Ergebnis meiner Lebensarbeit auf dem Spiel stand. Während es auf vielen Gebieten der Naturwissenschaften wohl möglich ist, das in wenig Semestern Erarbeitete zu wesentlichen, Licht bringenden Schlußfolgerungen zu verwerten, würde man bei biologischen Fragen, die weitere Lebenskreise angehen, mit solcher Arbeitsweise nicht weit kommen, und das Wort: *vita brevis, ars longa* erweist dort aufs beste seinen tiefen, für den Forscher so leidvollen Sinn.

So weiß z. B. der erfahrene Biologe nur allzugut, um was für eine energielose Tätigkeit es sich bei dem Gesange der Weibchen zu handeln pflegt, und er weiß ebensogut, daß energisch singende Weibchen wohl ausnahmslos geschlechtlich unnormal sind, wie wir das auch von den krähen, hahnenfederigen Hennen wissen, die sich die Herrschaft im Hühnerhof anmaßen möchten. [Der Vogel, von dem ich selber den lautesten Weibchengesang zu hören bekam, war ein alter Hänflingsbastard (*Acanthis cannabina*, L. × *Serinus canarius*, L.), ein in geschlechtlicher Hinsicht völlig entartetes Tier.] So sieht sich der Forscher schon hier unwillkürlich gezwungen, Zusammenhänge zwischen dem Vogellied und dem Geschlechtsleben anzunehmen. Wartet man ihm dann mit einer Liste auf, in der 50, 60 Fälle von Weibchengesang zusammengestellt sind, so ist er sich von vornherein darüber klar, daß er diese Lieder durchaus nicht mit dem Gesange brünstiger Männchen vergleichen darf. Ganz ähnlich verhält es sich auch mit den Herbstliedern der Vogelmannchen. Der Anatom jedoch, der sich nach biologischen Stützen für seine Thesen umsieht, wird dabei leichtlich nur die Länge solcher Listen miteinander vergleichen und kaum daran denken, daß es sich hier und da um völlig wesensverschiedene Dinge handelt.

Wir können es verstehen, wenn B. sich darüber fast lustig macht, daß man mittlerweile so viele Theorien über die biologischen Aufgaben des Vogelgesangs vorgebracht hat. Vielleicht rechnet er selber aber auch zu wenig mit der Möglichkeit, daß der Gesang nicht nur eine Aufgabe zu lösen hat, und daß möglicherweise in allen Theorien doch ein Körnchen Wahrheit enthalten ist.

Befremdlich war es mir, daß *Altums* biologi-

sche Arbeiten von *B.* gar nicht erwähnt sind, obgleich sie meiner Ansicht nach das Reifste sein dürften, was über diese Fragen in deutscher Sprache geschrieben worden ist. Geht *B.* etwa deshalb an ihnen vorüber, weil seit ihrer Niederschrift schon ein so langer Zeitraum verstrichen ist? Gerade auf diesem Gebiet darf man von „Veralten“ doch kaum reden, denn die Voraussetzung zu erhellenden Schlüssen, ein langes Menschenleben voll unablässiger Beobachtung, läßt sich auch mit den vortrefflichsten Methoden nicht in Kürze beschaffen. Immer wieder begegnen wir ja dem Umstand, daß der beobachtete Ausschnitt des Naturlebens sich als zu klein erweist, um auf Grund des vorliegenden Materials verallgemeinernde Schlüsse zu ziehen.

Ganz und gar lassen sich solche Mißstände ja *niemals* vermeiden. Da stützt sich ein Vogelzugsforscher nur auf die in seiner Heimat beobachteten Erscheinungen, und *dort* vergißt wieder ein Gesangkundiger, daß die Vögel in den Tropen mit ganz anderen Lebensbedingungen zu rechnen haben als bei uns in Mitteleuropa.

Welchen Sinn behält beispielsweise der von *Schwan* geschaffene Begriff der „Weckhelligkeit“, wenn es sich um Singvögel eines äquatornahen Gebiets handelt; in dem die Tageslänge und Lichtfülle während des ganzen Jahres ziemlich beständig bleibt, während der Gesang entsprechend dem Verlauf der Brutperioden ansteigt und abflaut? Bleibt da von diesem Erklärungsversuch nicht schließlich nur eine Reihe von Sätzen übrig, die bei aller Wortlogik schlechterdings nicht verbergen können, daß ihr Sinn nicht auf den ganzen Bereich des Vogel Lebens angewandt werden kann?

Jedenfalls möchte ich allen Fachgenossen, die sich an das Studium (bloßes „Lesen“ schafft in solchen Fällen nichts Recht) der neuen Arbeit *B.s* heranmachen, den wohlgemeinten Rat geben, erst einmal *Altums* altes Buch „der Vogel und sein Leben“ zur Hand zu nehmen. Wenn sie dann den Gedanken *B.s* zu folgen versuchen, werden sie sich sicherlich der Meinung nicht verschließen können, wir hätten es bei dessen These, daß der Gesang der Vögel mit deren Geschlechtsleben *überhaupt nicht* zusammenhänge, mit einer *vorgefaßten* Meinung zu tun.

Es ist nicht selten ein Trick effekthaschender Arbeiter, einmal alte Lehrmeinungen auf den Kopf zu stellen und alles zusammenzutragen, was die gegenteilige Ansicht stützen könnte. Wird dadurch nichts weiter geschafft, so erregt es doch Aufsehen. Mit solchen Leuten hat der Freiburger Anatom nicht das Mindeste zu schaffen. Lag es nicht sehr nahe, daß seine negativen Ergebnisse ihn zu solchen Thesen führten? Da singt ein Jungvogel, dessen Hoden vollkommen unentwickelt sind. Mußte er da nicht sagen, diese Lieder könnten mit dem Geschlechtstrieb nichts zu schaffen haben?

B. hätte das nicht getan, wenn er sich über

die biologische Rolle des „Spiels“ klarer geworden wäre. Vierjährige Knaben sehen wir oft genug Kampfspiele aufführen, obgleich diese ihre biologische Wurzel sicherlich in *Männchenkämpfen* haben, und obgleich jene Streiter geschlechtlich noch ganz unentwickelt sind. Immer wieder machen wir die Erfahrung, daß Bewegungsreihen, die später für das Leben des Individuums bedeutsam werden, schon zu Zeiten spielerisch *geübt* (über diese Ausdrucksweise später mehr) werden, wo sie an und für sich noch völlig bedeutungslos erscheinen.

Mit Recht nimmt *B.* an dem Ausdruck „neutral“, wo der im Hinblick auf geschlechtliche Dinge gebraucht wird, ernstlich Anstoß und setzt energisch auseinander, daß jedes Individuum von vornherein entweder männlich oder weiblich geartet ist. Daß geschlechtlich völlig unentwickelte Vogel Männchen den Gesang spielerisch üben, ist darum auch nicht widersinniger, als daß vierzehn Tage alte Täuber wieder und wieder Versuche machen, gleichaltrige Nestinsassen zu treten. Wir bitten den Leser ausdrücklich, sich diese logischen Folgerungen recht zu vergegenwärtigen. Treffen sie zu, so brechen *B.s* Angriffe gegen die ältere Lehrmeinung haltlos in sich zusammen.

Doch wir wollen *B.s* Theorien noch von anderen Punkten aus zu beleuchten suchen.

Auch *B.* gelangt zu dem Ergebnis, daß der Gesang während der Brutzeit am lautesten und energischsten vorgetragen wird, daß er bis zu dieser Zeit allmählich zunimmt und dann hier beinahe plötzlich abbricht, *dort* langsamer abflaut. Das ist so sehr die Regel im Leben der Singvögel, daß uns die abweichende Beobachtung *Hudsons* bezüglich *Sycalis arvensis* Kittl. recht nebensächlich erscheint. Sind doch solche Vorgänge im Tierleben so wenig schematisch, daß man mit geschickter (*nicht*: richtiger) Beleuchtung von *Einzelfällen* schlechterdings alles beweisen bzw. widerlegen kann. Hier brauchen wir nur im Gegensatz zu dem Verhalten von *Sycalis arvensis* darauf hinzuweisen, daß bei *vielen* Vögeln (wir erinnern nur an die Muscicapidae) der Gesang eben gerade *nur so lange* dauert wie die Brutzeit, so daß es a priori widersinnig erscheint, eine Beziehung zwischen der Brutzeit und dem Gesang in diesen Fällen abstreiten zu wollen. Immer wieder müssen wir unsere schon eingangs gemachte Behauptung unterstreichen, daß gerade hier nur die richtige synoptische Verwertung reichster biologischer Erfahrung zu Schlüssen führen kann, die der Wahrheit nahekommen. Daß der Gesang unmittelbar nach der Brutperiode rasch abbricht, ist in vielen Fällen keine Folge einer Vollmauser, trifft es doch bei allen Arten, die im Winter mausern (*Hippolais hippolais* L., *Sylvia orphea* Tem. u. a. m.) nicht zu. Beobachtungen an Gefangenen haben gerade hier ja nur bedingten Wert, dennoch möchte ich erwähnen, daß in diesem Juli meine Stare ersichtlich verstummt, weil die Mauser nicht zu rechter Zeit in Gang kam. Als

sie dann im August in Form einer Sturzmauser eintrat, waren die mausernden, halb entfiederten Vögel mit einemmal wieder in vollem, lautem Gesange. Meine Beobachtungen an *Serinus hortulanus* Koch im orientalischen Winterquartier darf *B.* schon aus dem Grunde nicht gegen mich anführen, weil der Gesang des *brünstigen* Girlitzmännchens sich hinsichtlich der Kraft und Klangfarbe von dem jener winterlichen Sänger doch sehr wesentlich unterscheidet.

Auch für meine Behauptung, daß die Herbstlieder der Singvögel ein ganz anderes Gepräge tragen als der Brunstgesang, möchte ich noch einige Belege anführen. So hörte ich beispielsweise im Herbst noch nie die drosselartig lauten Strophen jener Rotkehlchen — (*Erithacus rubecula* L.), welche die Liebhaber als Wipfelsänger bezeichnen. Auch die Weindrossel (*Turdus itiaecus* L.) darf hier als Kronzeuge angeführt werden. Deren Gesang wurde als dürrig und leise zwitschernd geschildert, solange man diese Drosselart noch nicht am Nistort gehört hatte. Erst dort erfuhr man, daß sie fast ebenso laut zu singen vermag als ihre gefeierte Base, die Singdrossel (*Turdus musicus* L.). Bei anderen Nordländern wie *Acanthis linaria* L., *Acanthis flavirostris* L., *Pinicola enucleator* L., *Passerina nivalis* L., verhält es sich ganz ähnlich; wenn ich eine größere Anzahl von ihnen in meiner Vogelstube beherbergte, konnte ich nach der Stärke ihres Gesanges mit ziemlicher Sicherheit feststellen, wann ihre freilebenden Verwandten im nordischen Krummholz und in der Tundra zur Fortpflanzung schreiten.

Auch die Vereinigung des Gesanges mit Brunstflügen spricht doch für den Zusammenhang des Gesangs mit *geschlechtlicher* Erregung. Wer jemals balzende *Anthus pratensis* L., *Anthus trivialis* L., *Parus coeruleus* L., *Serinus hortulanus* Koch, *Chloris chloris* L. beobachtet hat, wird kaum noch den Mut finden, bestreiten zu wollen, daß wir den Gesang der Vögel als Brunst-ruf bezeichnen müssen.

Um zu einer Art Abschluß zu gelangen, empfiehlt es sich, auf *Altum* zurückzukommen, da der seine Thesen mustergültig geformt hat. *Altum* sagt:

„Ist der Gesang die notwendige Einleitung des ganzen Fortpflanzungsgeschäfts, ist er das erste Glied von dahin abzielenden Lebensäußerungen, so darf er

1. an dieser Stelle nie fehlen; er muß
2. so oft im Jahre erneuert werden, als die Vögel sich von neuem zur Fortpflanzung anschicken; er darf sich

3. bei fortpflanzungsunfähigen Vögeln und
4. außer der Fortpflanzungszeit nicht äußern.“

Mit den Ausführungen *Altums* zu 1. und 2. sind wir einverstanden. Auch während der Fortpflanzungszeit stumme Arten können als Gegenbeweis natürlich nicht angeführt werden. Mit seinem Punkt 3 will *Altum* im Grunde genommen

wohl nur sagen, daß sich bei geschlechtlich unnormalen Vögeln diese Regelwidrigkeit auch in der Art des Gesanges zeigen dürfte. Bezüglich des 4. Punktes sind wir mit *Altum* nicht ganz einverstanden. Offenbar, weil er nicht mit dem Begriff des Spieles rechnete, sucht *Altum* die Bedeutung der Lieder außerhalb der Brunstzeit herabzusetzen. *B.* verfällt, weil er die *spezifische* Bedeutung des *Brunstliedes* leugnet, in den entgegengesetzten Fehler und schreibt den Liedern zu anderer Zeit eine viel zu große *selbständige* Wesenheit zu.

Auch *B.* ist sich über die Bedeutung des Spiels im Leben der Tiere ersichtlich nicht recht klar geworden, sagt er doch: „Vielfach findet man den Ausdruck spielerische Gesangesübung und erkennt, daß die Autoren der Ansicht sind, daß der Gesang, seines hohen Zweckes als Kampf- und Brunst-ruf entsprechend, fleißig der Übung bedürfe. Übung eines Vorganges setzt aber immer voraus, daß sich der Übende des Endzweckes, des Zieles bewußt ist.“

Diese Auffassung widerspricht unserer ganzen Weltanschauung. Alles das geschieht selbstverständlich *unter* der Bewußtseinschwelle. Ein Tier, das gesund ist und nicht durch eine bestimmte, eben vorliegende Triebwirkung (Zugtrieb usw.) zu entsprechenden *Bewegungen* gezwungen wird, spielt eben und übt völlig intransitiv (*matura intus operante*) solche Bewegungsreihen, die in späteren Lebensabschnitten nützlich und lebenserhaltend wirken werden.

Die Tatsache, daß der Gesang in so weitem Umfange spielerisch geübt wird, scheint uns auf das deutlichste zu bekunden, wie wichtig er für das Leben der betreffenden Arten ist, und da er in höchster Kraftentfaltung gerade während der Brunstzeit vorgetragen wird, liegt es doch sehr nahe, anzunehmen, daß er auch gerade zu dieser Zeit eine die Art fördernde, die Art erhaltende Bedeutung besitzt. Wie ich mir diese Bedeutung denke, habe ich schon an den verschiedensten Stellen ausführlich auseinandergesetzt. Geradezu mustergültig darf wohl das genannt werden, was *Altum* über die Bedeutung des Gesanges beim Festsetzen der Brutreviergrenzen ausgeführt hat.

Psychische und körperliche Reize bei dem Tier so scharf zu sonder, wie *B.* das will, dürfte sich kaum empfehlen. Dazu stehen die in zu naher Beziehung. Gewiß mag ein vorher schweigsamer Buchfink, dem ich drei Mehlwürmer verabfolge, bald darauf durch einen psychischen Reiz veranlaßt werden, seinen Schlag zum besten zu geben. Dieser psychische Reiz wäre aber ohne die Mehlwürmer doch nicht eingetreten.

Wenn *B.* als zehnte seiner Thesen den Satz aufstellt: „Psychische Reize sind es, die den Vogel veranlassen zu singen“, fühlt er wohl selber, daß das nicht von *allen* psychischen Reizen in gleichem Maße gilt. Er fährt dann auch selber in seiner 11. These fort: „Besonders starke psychische Reize treffen ihn zur Zeit der geschlechtlichen Er-

regung. Brunstkämpfe werden deshalb von Gesang begleitet. Gesang ist also nur eine Begleiterscheinung, kein eigener Bestandteil der Brunst, wie die Balzbewegung und der Kampf.“

In diesem Satze möchte ich an dem Wort „also“ Anstoß nehmen. In solcher Einschränkung gilt das nicht. Psychische Reize treffen den Vogel auch bei anderen Gelegenheiten, ohne daß Gesang ausgelöst wird. Sollten wir nicht auch bei den nächtlichen Wanderungen kleiner Singvögel, bei denen fortwährend deren Lockrufe an unser Ohr tönen, starke psychische Erregung voraussetzen? Dennoch ist dort von Gesang keine Rede. Durch die Erklärung, daß jene anderen Triebe die Sangeslust unterdrückten, wird am Ende nichts erklärt. Warum unterdrückt gerade der Geschlechtstrieb die Sangeslust nicht nur nicht, sondern steigert sie in auffälligster Weise? Doch wohl deshalb, weil beide aufs engste ursächlich zusammengehören.

In seiner zwölften These behauptet dann B.: „Die Güte des Gesanges, die Stärke des „Dichtens“, der Gesangeseifer gehen nicht mit dem Geschlechtstrieb parallel.“ Demgegenüber möchten wir betonen, daß sich der Gesang in seiner elementarsten Gewalt doch eben bei brünstiger Erregung äußert, was ich bei mehreren Vogelmännchen jederzeit experimentell vorführen kann, wie es auch der synoptisch schließenden Lebenserfahrung eines Naumann, Brehm, Altum u. v. a. entsprach. Daß B. in diesem Zusammenhang wieder von der „Stärke“ des Dichtens spricht, beweist wieder, daß er den Begriff des Spiels biologisch nicht richtig eingestellt hat. Der Ausdruck „Stärke“ scheint doch auf eine elementare Gewalt

hinzuweisen. Die Vögel singen *spielerisch* aber gerade dann am fleißigsten, wenn sie geschlechtlich nicht besonders erregt sind. Bei starker Brunst sind sie zum „Dichten“ ganz und gar nicht befähigt. Da stürzen Lautreihen, die sich in ausgefahrenen Gleisen bewegen, in raschster Folge hervor, weil dem Vogel alle Ruhe und Muße dazu fehlt, neue zu formen, was doch allein als „Dichten“ bezeichnet werden könnte.

Mittlerweile dürfte der Leser schon selber zu der Erkenntnis gekommen sein, daß sich B.s Ansicht, er habe die alte Lehrmeinung, Gesang und Brunst gehörten zusammen, schlagend und endgültig widerlegt, als irrig erwiesen hat. Mögen die Hoden der Jungvögel und Herbstjäger auch noch so unentwickelt sein, an dem Umstand, daß die Vögel auch zu dieser Zeit den Gesang *spielerisch* üben, um ihn während der Brunst beim Zusammenbringen der Paare in arterhaltender Weise zur rechten Geltung zu bringen, wird dadurch nicht das Geringste geändert.

Dafür, daß wir Ornithologen durch B.s Arbeit in anatomischen Dingen klarer und weiter sehen, gebührt deren Verfasser unser aufrichtigster Dank. Ich glaube, kein Biologe möchte sich der Aufgabe entziehen, zusammen mit dem Freiburger Forscher neidlos und hilfsbereit neuen Zielen zuzustreben, vermeine aber, daß B. selbst sich der Überzeugung nicht erwehren wird, daß das *biologische* Material, welches ihm zur Verfügung stand, nicht genügte, um damit ein monumentum aere perennius aufzuführen. Ebenso wird allerdings auch der Biologe ohne die zweckmäßig eingestellte Hilfe des Anatomen kaum jemals zu abschließenden Ergebnissen gelangen können.

Norwegische naturwissenschaftliche Institutionen und Publikationen außerhalb der Universität.

Von Hjalmar Broch, Christiania,

Nur wer Norwegen schon bereist hat, kann sich eine Vorstellung davon machen, mit welchen Ausmaßen man hierzulande zu rechnen hat. Klingt es doch fast märchenhaft, daß der Abstand zwischen der Südspitze und der Nordspitze Norwegens, zwischen Lindesnaes und Nordkyn, der Entfernung zwischen Lindesnaes und etwa Rom oder Neapel gleichkommt, oder der Strecke Berlin—Madrid entspricht, und daß die Fahrt von Christiania nach Bergen in der Luftlinie so lang wie die von Berlin nach Bremen ist, wobei jedoch die Bergener Bahn Gebirgshöhen von 1200 m und mehr zu überschreiten hat. Wenn man hinzunimmt, daß ein derartig ausgedehntes Land mit nur 2½ Millionen Seelen besiedelt ist, so versteht man leicht die unbezähmbare Neigung der Norweger, alles zu dezentralisieren. Besonders unheilvoll ist diese Neigung in der Zersplitterung der kulturhistorischen Sammlungen zu einer Unzahl winziger Lokalmuseen, „Bygdemuseer“; wissenschaftliche Notwendigkeit und Rücksicht

auf sparsame Verwendung der Mittel werden hierbei ganz außer Acht gesetzt, jedes Tal will aber sein Museum haben, und also wird gegründet und eingerichtet.

Etwas besser steht es um die naturwissenschaftlichen und archäologischen Sammlungen, die von altersher in Norwegen innig verknüpft sind. Hier hat jede größere natürliche Landschaft ihr Museum für Naturwissenschaft und Archäologie. Die Universitätsmuseen in Christiania, die von Natur und Rechts wegen Nationalmuseen sein sollten, haben nichtdestoweniger mit den Lokalmuseen teilen müssen, und so genießt der Reisende das befremdliche Schauspiel, daß die eine und die andere Sammlung dieses oder jenes Landesmuseums reichhaltiger und wertvoller ist als die des Reichsmuseums.

Naturwissenschaftliche (und archäologische) Lokalmuseen sind in Stavanger, Bergen, Trondhjem und Tromsø errichtet. Das *Museum in Trondhjem* ist die älteste naturwissenschaftliche

Sammlung Norwegens und ist gegründet von dem bekannten Naturforscher *Johan Ernst Gunnerus* (damals Bischof in Trondhjem), in demselben Jahre und bei derselben Gelegenheit, wo er, 1760, zusammen mit seinen Freunden, den Historikern *P. F. Suhm* und *Gerh. Schöningh* *Det Kongelige norske Videnskabs Selskab* (die Königl. norwegische Gesellschaft der Wissenschaften) stiftete. „*Bergens Museum*“ entstand erst viel später, es folgte das „*Tromsø Museum*“ und endlich das „*Stavanger Museum*“.

Das bergensche Museum ist in seiner Entwicklung den übrigen Museen weit vorausgeeilt, dank der Einsicht und der Tatkraft hervorragender Leiter, wie besonders der weithin bekannten Ärzte und Naturforscher *D. C. Danielssen* und *G. Armauer Hansen*. Kein Wunder, daß seit Jahren der Ehrgeiz der Bergener auf eine zweite norwegische Universität hinzielt und das Museum als den natürlichen Kristallisationspunkt dieser Entwicklung abgibt. Schon jetzt stellen die dort wirkenden Lehrer und Forscher eine ziemlich vollständige mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät dar und wachsen die dem Unterricht dienenden Laboratorien ganz von selbst aus dem Museumsbetrieb heraus.

Das „*Tromsø Museum*“ erblickt seine Hauptaufgabe in der Darstellung der arktischen Natur und nimmt in dieser weissen Beschränkung eine Sonderstellung ein.

Damit derartige Museen nicht lediglich zu toten Raritätensammlungen werden, müssen in den administrativen Stellungen Männer von wissenschaftlicher Schulung und lebhaftem Forschungsdrang sitzen, Gelehrte, denen daher die Zeit zu wissenschaftlicher Publikation ausdrücklich zugestanden werden muß. Museumsbeamte, die nicht wissenschaftlich frei schaffen dürfen oder können, versumpfen fast ohne Ausnahme ihre Entwicklung gerat ins Stocken, und am Ende leiden auch die Museen selbst darunter. Für diese Zusammenhänge haben die lokalen Direktionen immer ein gutes Verständnis gehabt und mit Eifer dafür gesorgt, daß regelmäßige Publikationsserien ausgegeben werden. Durch Ankäufe und Tauschverbindungen haben sie weiter auch gute Bibliotheken begründet und damit die arbeitenden Forscher mit den notwendigen literarischen Grundlagen für ihre Tätigkeit versehen.

Die Publikationsserien dieser großen norwegischen Museen sind nicht immer so bekannt, wie man es wünschen müßte. Das geht wohl einerseits auf die bescheidene Art ihres Erscheinens, andernteils aber auf ihren leider oft heterogenen Inhalt zurück. Und doch enthalten diese Serien nicht selten naturwissenschaftliche Publikationen von allgemeinstem Interesse. In den „*Tromsø Museums Aarshefter*“, die seit 1878 erscheinen, finden sich die wertvollen zoologischen Abhandlungen, besonders über arktische Tiere, von *J. Sparre-Schneider*, *O. Nordgaard* und *C. Dons*,

und nicht minder bedeutungsvolle botanische Abhandlungen von *Otto Ekstam*, *M. Foslie* und *G. Lagerheim*. — Die Publikationsserie aus Trondhjem „*Det Kgl. norske Videnskabs Selskabs Skrifter*“ ist die älteste wissenschaftliche Serie Norwegens und erscheint seit mehr als 150 Jahren. In den ersten Jahrgängen findet man die vielseitige und zum Teil grundlegende Produktion von *J. E. Gunnerus*, und es sind darunter Abhandlungen botanischen und zoologischen Inhalts, die noch heute den größten Wert haben. In den letzten Dezennien haben *M. Foslie*, *J. Hagen*, *R. Nordhagen* und *H. Printz* hier aufschlußreiche botanische Studien niedergelegt, *Foslie* über Kalkalgen, *Hagen* über nordische Moose und *Printz* über Algen der verschiedensten Gebiete der Erde. Das zoologische Werk *Gunnerus'* wurde in den letzten Jahren von *G. Svenander*, *O. Nordgaard*, *Hj. Broch* und *C. Dons* weiter fortgeführt, und obschon fast stets die örtlichen Verhältnisse Grund und Ausgang abgeben, sind viele dieser Studien von sehr allgemeinem Interesse. — Größere Arbeiten, die in 4° veröffentlicht werden mußten, sind in ungezwungener Serie erschienen; unter diesen dürfte sich *H. Printz'* gewichtige Schrift über die Phanerogamenflora des zentralasiatischen Ssajangebietes einigermaßen Geltung verschafft haben.

Die immer mehr anwachsende rege Tätigkeit in Bergen hat zu einer Zerlegung der Serien geführt, so daß jetzt historische und naturwissenschaftliche Reihen unabhängig voneinander nebeneinander herlaufen. „*Bergens Museums Aarbok*“ ist bei den Meereskundlern aller Zweige so allgemein bekannt, daß wir uns hier begnügen dürfen, den Inhalt des letzt erschienenen Heftes des Jahrganges 1921—22 der naturwissenschaftlichen Reihe aufzuführen, um so mehr, als er zugleich eine gute Übersicht über die vielseitige Tätigkeit der bergenschen Forschung ergibt. *Carl Ferd. Kolderup* berichtet über Erdbeben in Norwegen während der Jahre 1918—20, *Aug. Brinkmann* über die Entoparasiten des Schneehuhnes, *Ivar Jørstad* gibt eine Übersicht über die Uredineen (Rostpilze) des Hardanger Bezirkes, *J. Rekstad* erörtert die Gletscherbewegungen in Norwegen während der Jahre 1921 und 1922 und *Sigurd Johnsen* gibt Remarks on the Distribution and the Biology of *Myctophum glaciale* (Reinh.). Eingeleitet wird das Heft mit einem Artikel von Professor Dr. *Aug. Brinkmann* „Die neue biologische Meeresstation des Museums zu Bergen“ (Mitteilung Nr. 60 der biologischen Station des Museums zu Bergen). Einige Bemerkungen zu dieser Abhandlung dürften erwünscht sein.

Norwegen hat drei marine biologische Stationen, die biologische Station der Universität (in *Dröbak*, an dem Kristianiafjord gelegen), die biologische Station in *Trondhjem* (unterstellt dem Fischereidirektorium, aber auch dem Dienste anderer wissenschaftlicher Untersuchungen ge-

widmet) und die biologische Meeresstation in Bergen. Seit dem Jahre 1891 ist die bergensche Anstalt mit Bergens Museum verknüpft. Viele deutsche marine Gelehrte werden sich dieser Station an dem Puddefjord in der Stadt erinnern, besonders aus der Zeit, wo *O. Nordgaard* als Direktor der Station jederzeit bereit war, dem Forscher wie dem Schüler mit Rat und Tat zu helfen. In der nachfolgenden Zeit aber wurde das Wasser des Puddefjords durch die rege Entwicklung, die die Stadt nahm, immer stärker verschmutzt, und im Jahre 1917 sah sich das Museum gezwungen, die Station aufzugeben. Das alte Gebäude mit dem dazu gehörenden Grundstück am Puddefjord wurde verkauft. Da aber eine biologische Station für marine Forschung in Bergen schlechthin unentbehrlich ist, unternahmen der bisherige Direktor der Station Professor Dr. *B. Helland-Hansen* und der tatkräftige Leiter der zoologischen Abteilung des Museums Professor Dr. *August Brinkmann* sofort die schwierige Aufgabe, die Gründung einer neuen Station ins Auge zu fassen und auf privaten Wegen das nötige Geld für den Neubau zusammenzubringen. Als geeignetste Stelle wurde die durch die klassischen Studien des norwegischen Zoologen *Michael Sars* bekannte Insel Herdla (früher Herlö genannt) gewählt, und schon im Spätsommer 1922 eröffnete die Station, als eine erstklassige Stätte der Wissenschaft neu aufstanden, ihre Tätigkeit. Die Station versteht jetzt dem zoologischen Professor des Museums; ein zoologischer Amanuensis (z. Z. Dr. *Sven Runnström*) wohnt und arbeitet ständig an der Station während des ganzen Jahres.

Die biologische Meeresstation auf Herdla ist mit den modernsten Einrichtungen ausgestattet; für selbständig arbeitende Biologen stehen zwei Laboratorien mit je zwei Arbeitsplätzen, für biochemische und hydrographische Forscher ein Laboratorium mit einem Arbeitsplatz zur Verfü-

gung. Diesen Laboratorien gegenüber liegt ein großer Kursensaal mit 10 Arbeitstischen. — Das zweite Stockwerk enthält Wohnräume, fünf nicht heizbare (somit nur für Studierende während des Sommers berechnet) mit je zwei Betten, und zwei größere, heizbare Zimmer, ebenfalls mit je zwei Schlafständen. Eine Bibliothek und Lesezimmer enthält nur die nötigen Handbücher und Arbeiten über nordische Fauna, da ja Spezialliteratur aus der Bibliothek des Museums in Bergen leicht beschafft werden kann. Eine Messe (für 20 Personen) mit dazu gehöriger Küche sorgt für die materiellen Seiten des Lebens. Im Jahre 1923 wurde für Kost usw. alles in allem nur 5,50 Kronen norwegisch für den Tag berechnet. Die Station verfügt über mehrere Boote; außer kleineren Ruderbooten und einem kleinen Motorboot steht ein besonders für die Untersuchungen gebautes, 23 Bruttotonnen großes Motorfahrzeug „*Herman Friele*“ zur Verfügung, das mit allen nötigen Fanggeräten ausgestattet ist. Das Fahrzeug ist nach dem verstorbenen Malakologen *Herman Friele* in Bergen benannt worden. Man kann ohne zu übertreiben sagen, daß die biologische Meeresstation auf Herdla zurzeit die best ausgerüstete Station in ganz Skandinavien ist, und die faunistischen Verhältnisse der Gegend sind so günstig, daß der Biologe stets die allerreichste Gelegenheit für seine Forschungen finden wird. Die Arbeitsplätze werden unentgeltlich abgegeben, und obschon norwegische Forscher Vorzugsrechte haben, so dürfte gewöhnlich auch für andere Platz vorhanden sein. Es wäre zu wünschen, daß die neue Station zu erneuter wissenschaftlicher Arbeit Anregung geben wird und daß die Resultate auch die Kenntnisse außerhalb Skandinaviens von den Publikationen der norwegischen naturwissenschaftlichen Museen tatkräftig erweitern und verbreitern werden.

Der Einfluß der Achsendrehung der Erde auf rotierende Räder.

Von Otto Baschin, Berlin.

In einer früheren Mitteilung konnte ich zeigen, daß der Einfluß, den die Erdrotation auf fast alle Bewegungen an der Erdoberfläche ausübt, in manchen Fällen, namentlich bei geographischen und geologischen Betrachtungen unzulässigerweise keine Berücksichtigung findet, und vor allem bei Bewegungen in vertikaler Richtung völlig unbeachtet bleibt¹⁾.

Der Grund hierfür ist vielleicht darin zu suchen, daß natürliche vertikale Bewegungen gegenüber den auf der Erdoberfläche sich fortwährend abspielenden horizontalen Ortsveränderungen an Häufigkeit und Bedeutung erheblich zurückstehen und auf der festen Erdoberfläche nur äußerst langsam und in geringem Ausmaß vorzukommen pflegen. Dies hat mich dazu geführt, nach einer künstlichen Bewegung zu suchen, die so schnell vor sich geht, aber dabei auch von so

langer Dauer ist, daß es bei ihr möglich sein müßte, mit den heutigen instrumentellen Hilfsmitteln den Einfluß der Erdrotation auf vertikale Bewegungen fester Körper messend zu verfolgen.

Eine solche Bewegung findet sich in der Rotation symmetrischer fester Körper um eine Achse verwirklicht, und das am häufigsten vorkommende Beispiel dürfte die Drehung eines Rades sein, die wir deshalb unseren Betrachtungen zugrunde legen wollen.

Liegt die Rotationsebene eines Rades in der Ost-West-Richtung und erfolgt die Drehung so, daß sich die westliche Seite aufwärts, die östliche abwärts bewegt (Fall I), so muß die westliche Seite, weil dort jedes Teilchen ständig eine geringere absolute, nach Osten gerichtete Geschwindigkeit mitbringt als die Stelle, nach der es hingelangt, in der Richtung der Erddrehung etwas zurückbleiben. Auf der Ostseite des Rades dagegen kommen alle Teilchen ständig in eine tiefere Lage mit geringerer Erddrotationsgeschwindigkeit

¹⁾ Der Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste. Die Naturwissenschaften, Berlin, 1923, Jahrg. 11, Heft 6, S. 87—89.

keit, als sie selbst besitzen, weswegen sie einen Überschuß an ostwärts gerichteter Bewegung aufweisen. Als Resultat ergäbe sich demnach eine Dehnung des Rades in west-östlicher Richtung. Außerdem aber hat die Oberseite eine größere, die Unterseite eine geringere ostwärts gerichtete Geschwindigkeit als die Achse des Rades. Bei der ersten bewirkt also die vergrößerte Zentrifugalkraft eine Verminderung, bei der letzteren die geringere Zentrifugalkraft eine Zunahme der Schwere, beides ergibt also eine Tendenz zur Dehnung auch in vertikaler Richtung. Im ganzen kommt somit eine Vergrößerung der, aus der Rotation des Rades folgenden Zentrifugalkraft in allen vier Quadranten zustande.

Erfolgt die Drehung des Rades in entgegengesetzter Richtung, Abwärtsbewegung der westlichen, Aufwärtsbewegung der östlichen Hälfte (Fall II), so tritt, wie im einzelnen wohl nicht näher ausgeführt zu werden braucht, auf der steigenden Ostseite ein Druck nach Westen, auf der sinkenden Westseite ein solcher nach Osten, auf der Oberseite eine Zunahme, auf der Unterseite eine Abnahme der Schwere ein, die Zentrifugalkraft des Rades wird also in allen vier Quadranten vermindert.

Es ist mir nicht bekannt, ob die geschilderten Wirkungen bei der Rotation von Rädern schon beobachtet worden sind, beziehungsweise, ob man dahingehende Versuche angestellt hat. Da die Rotation von Rädern in der Technik eine außerordentlich wichtige Rolle spielt, so sollte man vermuten, daß dieses Problem von technischer Seite bereits gründlich durchgearbeitet worden ist, doch habe ich darüber nichts in Erfahrung bringen können, weshalb mir ein Hinweis auf diesen Einfluß der Erdrotation nicht ganz überflüssig erscheint.

Übrigens ergeben sich bei weiterer Verfolgung solcher Betrachtungen noch andere Wirkungen der Erdrotation, die an sich bekannt sind, deren Ableitung unter dem oben dargelegten Gesichtspunkt aber vielleicht solchen Interessenten willkommen sein dürfte, die nicht daran gewöhnt sind, sich aus mathematisch-physikalischen Ableitungen in der üblichen Form eine lebendige und überzeugende Vorstellung von dem Hergang zu bilden.

Nehmen wir an, daß die Rotationsebene des Rades in der Nord-Südrichtung liegt und das Rad sich mit der Nordseite aufwärts, mit der Südseite abwärts dreht (Fall III), so erfährt die erstere eine Beschleunigung nach Westen, die letztere eine solche nach Osten, das heißt, es tritt eine Tendenz zur Drehung der Rotationsebene ein, die so lange wirksam bleibt, bis die Rotationsebene sich in die Ost-West-Richtung eingestellt und somit dieselbe Lage erreicht hat, wie im Falle I. Bewegt sich dagegen die Nordseite des Rades abwärts und die Südseite aufwärts (Fall IV), so tritt bei ersterer die Beschleunigung nach Osten, bei letzterer eine solche nach Westen ein. Die Drehung der Rotationsebene erfolgt also in entgegengesetztem Sinne, aber gleichfalls so lange, bis die West-Ost-Lage erreicht ist, bei welcher der niedergehende Teil des Rades im Osten liegt, also auch hier wie im Falle I. Diese Endstellung in Lage I entspricht also offenbar einem stabilen Gleichgewichtszustande, während bei entgegengesetzter Rotation (Aufwärtsbewegung der östlichen Radhälfte, Fall II) labiles Gleichgewicht herrscht. Alle anderen Lagen, die zwischen beiden Extremen möglich sind, können nicht von Dauer sein.

Die bisherigen Betrachtungen gelten jedoch nur für den Äquator der Erde, weil dort die Ebene eines vertikal stehenden Rades mit der Richtung der Zentri-

fugalkraft der Erdrotation zusammenfällt. In höheren geographischen Breiten ist dies nicht mehr der Fall, weshalb dort die Verhältnisse nicht so einfach liegen. Es kommt nämlich noch jene Kraft hinzu, die eine Ablenkung aller horizontalen Bewegungen, auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links verursacht.

Diese Ablenkung durch die Erdrotation spielt vor allem in der physikalischen Geographie und Meteorologie eine wichtige Rolle. Sie ist neuerdings wieder Gegenstand einer lebhaften Auseinandersetzung zwischen verschiedenen Fachgelehrten gewesen²⁾, was als Beweis dafür dienen mag, „daß richtige elementare Ableitungen dieses scheinbar so einfachen Vorganges fast schwieriger zu erfassen sind als die allgemeinen, mit den Hilfsmitteln der höheren Mathematik von den Bewegungsgleichungen eines Massenpunktes ausgehenden“³⁾. Diejenigen Darlegungen, die dem Verständnis weiterer Kreise angepaßt sind, beschränken sich daher meist einseitig auf die verhältnismäßig einfache Erklärung der Ablenkung aus der Nord-Süd-Richtung⁴⁾. Es ist nämlich leicht einzusehen, daß auf der nördlichen Halbkugel eine längs des Meridians nach Norden gerichtete Bewegung, wenn sie bei der Erdrotation ihre Richtung im Raume beizubehalten sucht, wegen der Konvergenz der Meridiane nach dem Nordpol eine Ablenkung aus der meridionalen Richtung nach Osten, also nach rechts erfahren muß, und daß dementsprechend bei einer Bewegung nach Süden eine Ablenkung nach Westen, also ebenfalls nach rechts eintritt. Auf der südlichen Halbkugel wird in analoger Weise die Ablenkung nach links erfolgen.

Weit schwieriger fällt es erfahrungsgemäß, die Notwendigkeit solcher Ablenkungen auch bei Bewegungen längs eines Parallelkreises in gemeinverständlicher Weise darzulegen, weil hier die, durch Zeichnungen leicht zu unterstützende geometrische Darstellung versagt, und dynamische Betrachtungen an ihre Stelle treten müssen.

Es ist klar, daß eine ostwärts gerichtete Bewegung auf der Erdoberfläche stets eine Vergrößerung der durch die Erdrotation hervorgerufenen Zentrifugalkraft zur Folge haben muß, die den bewegten Körper äquatorwärts, d. h. auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der Südhälfte nach links zu treiben strebt. Andererseits bedeutet eine westwärts gerichtete Bewegung eine Verminderung der Zentrifugalkraft, so daß der bewegte Körper das Bestreben haben wird,

²⁾ *Joh. Schubert*: Die relative Bewegung an der Erdoberfläche. Meteorologische Zeitschrift, Braunschweig, 1919, 36, S. 8—11. — *Wilhelm Schmidt*: Über Ableitungen der ablenkenden Kraft der Erddrehung. Ebenda, 1920, 37, 100—101; 1921, 38, 88—89, 214. — *Joh. Schubert*: Die relative Bewegung auf einer rotierenden Scheibe und an der Erdoberfläche. Ebenda, 1920, 37, 259—260. — *M. Radakovic*: Über Ableitungen der ablenkenden Kraft der Erddrehung. Ebenda, 1920, 37, 296—297. — *Adolf Schmidt*: Zur Frage der ablenkenden Wirkung der Erddrehung. Ebenda, 1921, 38, 212—214. — Derselbe: Die ablenkende Kraft der Erddrehung. Petermanns Mitteilungen, Gotha, 1922, 68, 144—146. — *Wilhelm Schmidt*: Erwiderung. Ebenda, 1922, 68, 146.

³⁾ *Wilhelm Schmidt*, Eine elementare Ableitung der ablenkenden Kraft der Erddrehung. Petermanns Mitteilungen, Gotha, 1921, 67, S. 209—212.

⁴⁾ *K. Zöppritz*, Über den angeblichen Einfluß der Erdrotation auf die Gestaltung von Flußbetten. Verhandlungen des 2. Deutschen Geographentages zu Halle... 1882, Berlin, 1882, S. 47—53. — *Hermann Wagner*, Lehrbuch der Geographie. 10. Auflage. I. Band. Hannover, 1920, S. 149—151.

sich der Erdachse zu nähern, d. h. polwärts auszuweichen. In allen Fällen kommt demnach auf der Nordhalbkugel eine Rechtsablenkung, auf der Südhalbkugel eine Linksablenkung zustande. Am Äquator selbst ist die Kraft der Ablenkung gleich Null, sie wächst aber in um so stärkerem Maße, in je höhere Breiten man gelangt.

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zu unserer Betrachtung der Raddrehung zurück und nehmen wir der Einfachheit wegen an, daß die Einstellung des Rades in die Endlage (Fall I) bereits erfolgt ist, so würde in unseren Breiten die Erdrotation noch weitere Änderungen der Lage zur Folge haben. Die obere Hälfte des Rades besitzt eine Bewegung nach Osten, woraus eine größere Zentrifugalkraft resultiert, als der betreffenden Erdstelle zukommt. Dieser Teil des Rades wird also gewissermaßen äquatorwärts geschleudert, und zwar so weit, wie die Anordnung es zuläßt. Ist also die Möglichkeit dazu gegeben, so muß die obere Hälfte sich äquatorwärts neigen, bis sie eine Lage erreicht hat, bei welcher ihre absolute Rotationsgeschwindigkeit den größtmöglichen Wert erlangt hat. Die untere Hälfte mit westwärts gerichteter Bewegung dagegen hat eine zu geringe absolute Rotationsgeschwindigkeit, und sie muß daher polwärts ausweichen. Aus beiden Tendenzen, die in gleichem Sinne wirken, resultiert eine Kippbewegung, die so lange andauert, bis eine Lage zustandegekommen ist, bei welcher die obere Hälfte eine möglichst schnelle, die untere eine möglichst langsame absolute Rotationsbewegung um die Erdachse ausführt. Dies ist naturgemäß dann der Fall, wenn die Radachse eine Stellung erreicht hat, die derjenigen der Erdachse parallel ist.

Wir sind auf diese Weise zu einer elementären Er-

klärung jener merkwürdigen Tendenz eines rotierenden Körpers gekommen, bei geeigneter Montierung seine Rotationsachse parallel zur Erdachse zu stellen, eine Eigenschaft, die ihn befähigt, den Kompaß als Richtungsweiser zu ersetzen.

Die Theorie des Kreiselkompaß ist bereits so gründlich durchgearbeitet, auch in gemeinverständlicher Weise dargestellt⁵⁾, und das Instrument findet in der Praxis so vielfach Verwendung, daß sich ein weiteres Eingehen auf ihn erübrigen dürfte.

Anders steht es mit den Rädern. Soweit meine Informationen als Nichtfachmann reichen, findet bei technischen Anlagen der Einfluß der Erdrotation keinerlei Berücksichtigung, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil die hier in Betracht kommenden Kräfte entweder nicht genügend bekannt sind oder für zu klein gehalten werden, als daß sie praktische Bedeutung erlangen könnten. Trotzdem sollte man die Ergebnisse der vorstehenden Betrachtungen auch in technischen Kreisen nicht unbeachtet lassen und zu ermitteln versuchen, ob sich bei bestimmten Anordnungen nicht vielleicht doch an rotierenden Rädern meßbare Wirkungen der Erdrotation nachweisen lassen.

Diese Wirkungen bestehen kurz zusammengefaßt erstens darin, daß bei Bewegung der Oberseite des Radkranzes nach Osten eine Vergrößerung, bei Bewegung nach Westen eine Verminderung der Schwingkraft eintritt, zweitens in der Tendenz, die Drehungsachse parallel zur Erdachse zu stellen, und zwar so, daß der Sinn der Drehung des Rades mit demjenigen der Erdrotation übereinstimmt.

⁵⁾ H. Maurer: Der Kreisel als Kompaßersatz auf eisernen Schiffen, Meereskunde, Berlin, 1911, 5. Jahrg., Heft 7. 32 S. m. 15 Abbildungen.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über das Leuchten der Flammen.

Unter dieser Überschrift hat Herr W. Gerlach kürzlich in dieser Zeitschrift (S. 782) aus der Breslauer Dissertation von H. Senftleben einige Schlüsse bezüglich des Temperaturleuchtens in Flammen gezogen. Herr Gerlach meint, wenn das Leuchten der Flammen auf Temperaturanregung beruht, so muß in einer mit Natriumsalz gefärbten Flamme die Zahl der Natriumatome im angeregten (emissionsfähigen) Zustande, die er leuchtende Atome nennt, mit wachsender Temperatur gemäß der Boltzmannschen Verteilung wachsen,

nämlich proportional $e^{-\frac{E}{RT}}$, wo E die Anregungsenergie bedeutet. Nun sei in der genannten Arbeit mit Hilfe der Magnetorotation die Zahl der leuchtenden Atome in Flammen verschiedener Temperatur gemessen, und daher könne man aus diesen Messungen die Wärmetönung E berechnen; dabei ergibt sich aus den Messungen ein Wert von 48 900 cal., der mit dem aus der Anregungsspannung (2,1 Volt) berechneten befriedigend übereinstimmt. Diesen Schluß halten wir nicht für richtig und die Übereinstimmung der Zahlenwerte für zufällig.

Denn mit Hilfe der magnetischen Drehung der Polarisationssebene wird die Zahl N der Dispersions-elektronen gemessen, die aber im Sinne der Quantentheorie nicht mit der Zahl der angeregten Atome zu identifizieren ist. Entsprechend der anerkannten klassischen Theorie ist die Zahl N gleich der der absorbierenden Atome, und auf Grund der Gültigkeit des Kirchhoffschen Gesetzes in der Flamme kann man N , wie in der Dissertation dargelegt, gleich der Zahl der „leuchtenden“ Atome setzen, d. h. gleich der Zahl der

schwingenden Elektronen. Die Messungen ergaben bei konstanter Temperatur und bei Vermehrung des der Flamme zugeführten Salzgehaltes, daß die Helligkeit der D-Linien proportional \sqrt{N} anstieg, wie theoretisch zu erwarten ist (vgl. R. Ladenburg und F. Reiche, Ann. d. Phys. 42, 181, 1913). Bei steigender Flammentemperatur und konstanter Salzzuführung nahm sowohl N als auch die Helligkeit zu, letztere jedoch weit stärker als proportional \sqrt{N} . Reduziert man die Helligkeiten durch Division mit \sqrt{N} auf gleiche Werte von N , so muß man bei Temperaturleuchten erwarten, daß sich bei verschiedenen Temperaturen die Helligkeiten verhalten wie die Intensitäten eines schwarzen Körpers von gleicher Temperatur und Wellenlänge; in der Tat wurde dieser Schluß experimentell bestätigt. Hierin ist bei quantentheoretischer Deutung die Überlegung von Herrn Gerlach bereits enthalten, daß bei wachsender Temperatur die Zahl der angeregten Atome im Verhältnis zur Zahl der unangeregten Atome gemäß der Boltzmannschen e -Funktion ansteigt, da ja

das Strahlungsgesetz den Faktor $e^{-\frac{h\nu}{kT}}$ enthält.

Andererseits ist jedoch quantentheoretisch, wie schon oben erwähnt, die durch Magnetorotation (oder anomale Dispersion) gemessene Zahl N nicht gleich der Zahl der angeregten Atome; vielmehr ist sie (vgl. R. Ladenburg, Zs. f. Phys. 4, 451, 1921; R. Ladenburg und F. Reiche, Naturwiss. 11, 588, 1923) gleich dem Ausdruck:

$$N_i = \frac{g_i}{g_i} a_i \frac{m c^3}{8 \pi^2 e^2 \nu_0^2}$$

also abgesehen von Konstanten gleich der

Zahl N_i der Natriumatome im Normalzustand, multipliziert mit dem Einsteinschen Wahrscheinlichkeitsfaktor a_{ki} für den spontanen Übergang aus dem Anregungszustand k in den Normalzustand i

und mit dem Verhältnis $\frac{g_k}{g_i}$ der statistischen Gewichte in den beiden Zuständen. Die magnetorotatorischen Messungen von \mathcal{R} ergeben also die Änderung von N_i mit dem Salzgehalt bzw. mit der Temperatur. Das Anwachsen von \mathcal{R} mit der Temperatur beruht daher auf der Zunahme der Zahl der normalen Natriumatome, d. h. auf der Steigerung der Dissoziation des der Flamme zugeführten Salzes, und auf diesen Dissoziationsprozeß kann man die Überlegungen von Herrn Gerlach anwenden. Im Fall des bei den Messungen benutzten Na_2CO_3 ist der primäre Vorgang der bei der Flammentemperatur wahrscheinlich vollständige Zerfall in CO_2 und Na_2O , und letzteres zerfällt in Natriumatome und Sauerstoff. Die Wärmetönung dieses Vorganges ist es also vermutlich, die aus den genannten Messungen mittels Gerlachs Rechnungen zu entnehmen ist; und soweit Daten bekannt sind, liegt der Wert 48 900 cal. in der richtigen Größenordnung. Man kann auf diese Überlegungen eine ganz interessante Methode gründen, um die Dissoziationswärme von Metallverbindungen auf rein optischem Wege zu messen.

Breslau, den 10. Oktober 1923.

Rudolf Lodenburg. Hermann Senftleben.

Herr W. Gerlach teilt mit, daß er, nachdem zwei Ansichten über diese Frage geäußert worden sind, eine weitere Diskussion so lange aufschreiben möchte, bis besseres, zuverlässigeres experimentelles Material zu der Frage der Magnetorotation und der anderen Dispersionserscheinungen in Metaldämpfen vorliegt.

Berlin, den 10. Dezember 1923.

Die Schriftleitung.

Zur Ableitung der Lorentz-Einsteinschen Transformationsgleichungen.

In der Mittelschulzeitschrift „Nastavni Vjesnik“ (Zagreb, Jahrg. XXIX, 1921, S. 238; kroatisch) veröffentlichte ich eine Ableitung der L-E-Transformationsgleichungen, die ich Vorlesungen aus dem Jahre 1910 entnahm. Der betreffende Aufsatz wurde in den Physik. Berichten 4, S. 380, abfällig besprochen, sodann auf Grund von unveröffentlichten Übersetzungen von Max v. Laue als richtig befunden („Nastavni Vjesnik“ XXXI, S. 355), von einem bekannten Gegner der Relativitätstheorie hingegen abgelehnt („Univerzum“, Zagreb, I, S. 313). Da es nun untunlich wäre, eine Diskussion weiterzuführen in Zeitschriften und in einer Sprache, die nicht allen Beteiligten zugänglich sind, möchte ich im folgenden den beanstandeten Teil meines Aufsatzes wiedergeben und daran eine Beantwortung der letztgenannten Kritik knüpfen. Da die Sache trotz ihrer Einfachheit auf Widerspruch stieß, scheint sie mir eine passende Gelegenheit zur Einübung der Anfangsgründe der besonderen Relativitätstheorie zu bieten.

Das System (Beobachter) Σ (ξ, η, ζ, τ , Anfangspunkt Ω) möge sich relativ zum System S (x, y, z, t , Anfangspunkt O) mit der konstanten Translationsgeschwindigkeit v bewegen. Die Orientierung der Koordinatenachsen sei die übliche. Im Zeitpunkt $t=0$, da O und Ω zusammenfallen, mögen aus O Lichtstrahlen nach allen Seiten ausgesandt werden, welche dann an geeignet aufgestellten Spiegeln in Punkten P zurückgeworfen werden, u. z. derart, daß nach der Reflexion alle Strahlen im Punkte Ω gleichzeitig zusammen treffen. Für den Beobachter Σ müssen die Punkte P

an der Oberfläche eines verlängerten Rotationsellipsoids liegen, dessen Brennpunkte O und Ω sind, da die Summe der Lichtwege $OP + P\Omega$ für alle Punkte gleich ist. Bezeichnet man die Entfernung $OP = r$, die Abzisse des Punktes P mit x , so lautet die Gleichung des Ellipsoids:

$$r - \frac{O\Omega}{OP + P\Omega} x = \text{Konst.}$$

und da der Weg $O\Omega$ des Anfangspunktes Ω in gleicher Zeit zurückgelegt wird wie der Lichtweg $OP + P\Omega$, erhält die Gleichung des Ellipsoids die Form:

$$r - \frac{v}{c} x = \text{Konst.}$$

Wenn man nun die Zeit, zu der das Licht den Punkt P erreicht, mit t bezeichnet, demnach $r = ct$ setzt, folgt aus der Gleichung des Ellipsoids:

$$t - \frac{v}{c^2} x = k. \quad (1)$$

Dies gilt für den Beobachter S ; der Beobachter Σ braucht gar nicht zu wissen, daß er relativ zu S in Bewegung ist; er setzt voraus, daß das System Σ ruhe, und daß die Lichtstrahlen, die aus dem Anfangspunkt ausgingen, in denselben auch zurückkehren. Für ihn lägen demnach die Punkte P auf einer Kugelfläche, deren Mittelpunkt Σ ist. Die Zeit τ , zu der die Strahlen die Punkte P erreichen, ist demnach für alle Punkte P dieselbe.

Demnach: wann immer x und t der Gleichung (1) Genüge leisten, muß τ konstant sein. Es ist also

$$\tau = \text{eine Funktion von } t - \frac{v}{c^2} x.$$

Der weitere Weg zur vollständigen Ableitung der Transformationsgleichungen ist hier ohne Interesse, ich kann somit zur Beantwortung des erwähnten Einwandes übergehen. Es wird darin behauptet, daß, wenn obige Betrachtung richtig wäre, „der Beobachter S die beiden Flächen: Spiegelfläche und Wellenfläche des Beobachters Σ als verschieden auffassen“ müßte, er würde „mithin das, was für den Beobachter Σ ein und dieselbe Kugelfläche ist, als zwei verschiedene Flächen auffassen“. Um diese „Schwierigkeit“ zu heben, „könnte man annehmen, daß jeder Beobachter seine eigene Spiegelfläche und sein eigenes Lichtsignal hätte, von denen der andere nichts weiß“.

Demgegenüber sei bemerkt, daß ich nur von geeignet aufgestellten Spiegeln, nicht aber von einer Spiegelfläche rede. Falls nun die Spiegel im System S ruhen, können sie zu einem Ellipsoidspiegel vereinigt werden, dessen Oberfläche eben mit dem in der Ableitung benutzten Ellipsoide identisch ist. Diesen Spiegel nennen wir: Spiegel D . Falls aber die Spiegel im System Σ ruhen sollen, muß ihre Orientation geändert werden, da sie ja für das System S bewegte Spiegel sind und für solche das gewöhnliche Reflexionsgesetz keine Geltung hat. In diesem Falle können die Spiegel zu einer Fläche vereinigt werden, die im System Σ eine Kugel ist. Diese Kugel nennen wir: Spiegel Δ .

Nun muß D vermöge der relativistischen Kontraktion im System Σ als eine Kugel erscheinen, was man leicht auch durch Niederschreiben der entsprechenden Formeln ersieht. Der Mittelpunkt dieser Kugel folgt der Bewegung des Punktes O in einer bestimmten Entfernung. Der Spiegel Δ aber, der allerdings zur obigen Ableitung keine nähere Beziehung hat, würde im System S als verkürztes Ellipsoid erscheinen. Es sei noch erwähnt, daß im System Σ Spiegel D und Δ im Zeitpunkt der Reflexion sich decken — im Einklang mit dem Reflexionsgesetze, welches auch für be-

wegte Spiegel bei senkrechter Inzidenz senkrechte Reflexion ergibt. Es stimmt also alles recht gut.

Ob nun die Zurückwerfung der Lichtsignale mit Hilfe von D oder von Δ oder auf irgendeine andere Art, z. B. ohne Spiegel, bewerkstelligt wird, ist für unsere Ableitung völlig belanglos. Eine Schwierigkeit entsteht sonach nur, wenn man D und Δ in Betracht zieht und dabei die Widerspruchlosigkeit ihres Wirkens erkennt. Das Lichtsignal bleibt in allen Fällen dasselbe.

Stanko Hondl.

Zagreb, Kroatien SHS-Staat,
Universität, 24. November 1923.

Die Kristallstruktur des Argons.

Wir haben die Kristallstruktur des Argons nach der Debye-Scherrer-Methode ermittelt mit einer Appa-

ratur, die demnächst in der Zeitschrift für Physik beschrieben wird („Die Kristallstruktur des Chlorwasserstoffs“). Die Aufnahmen ergeben ein flächenzentriertes kubisches Gitter mit der Gitterkonstanten 5.43 \AA (dichteste Kugelpackung). Die Temperatur lag etwas oberhalb der des siedenden Wasserstoffes. Aus der Gitterkonstanten berechnet sich eine Dichte von 1,65 gegenüber einer Flüssigkeitsdichte am Schmelzpunkt von 1,42. Der nach Bragg errechnete Atomradius beträgt 1.92 \AA . Anwendungen dieser Ergebnisse folgen in einer ausführlichen Publikation.

Berlin, den 11. Dezember 1923.

Physikalisch-Chemisches Institut
der Universität Berlin.

P. Simon, ~~Olaf~~ Kimson.

Astronomische Mitteilungen.

Bemerkungen zur Aufnahme von funkentelegraphischen Zeitsignalen. Die astronomischen Mitteilungen dieser Zeitschrift waren bisher nicht der Ort von Diskussionen. In Heft 43 fühlt sich nun Herr Mahnkopf veranlaßt, meiner Anregung (Heft 34), ein deutsches Koinzidenzsignal einzuführen und dem Onogo-Signale eine funkentelegraphische Fehlermitteilung folgen zu lassen, „ungenauere Angaben und Irrtümer grundsätzlicher Art, die in ähnlicher Form bereits verschiedentlich aufgetaucht sind“, zuzusprechen. Ich bin gewzungen, darauf in Kürze einzugehen.

Herr Mahnkopf ist das Opfer eines Mißverständnisses. Offenbar wurde meine Anregung dahin aufgefaßt, daß es sich um die Bekanntgabe der definitiven Fehler handelt. Es ist doch eine Selbstverständlichkeit, daß die Zeiten für eine Signalabgabe nur durch Extrapolation gefunden werden können und auch mir nicht unbekannt, da ich ja Tag für Tag diese Extrapolation rechne, um unsere telegraphischen Signale für den österreichischen Zeitdienst abgeben zu können. Im übrigen geht dies auch aus meinem Texte hervor: „Die mit Extrapolation gefundenen Zeiten für den 1. und 300. Punkt gibt Paris . . .“ und bei Nauen: „Dies kann analog wie bei dem unten zu besprechenden Pariser Koinzidenzsignal wohl schon nach einer halben Stunde geschehen.“ Die Publikation der definitiven Korrekturen im Beob. Zirk. muß natürlich weiter bestehen bleiben. Das ergibt sich aus dem nächsten diesbezüglichen, von Herrn Mahnkopf nicht mehr zitierten Satze: „Neben der späteren Publikation . . .“

Herr Mahnkopf wendet sich ferner wegen der Möglichkeit einer automatischen Registrierung gegen meine Fassung, „daß für Längenbestimmungen nur ein Koinzidenzsignal als einwandfrei erscheint“. Daß bei automatischer Registrierung die Sachlage eine andere ist, ist ja klar. Im vorangehenden Referate habe ich daher auch betont: „Das Ideal wäre natürlich Schreibempfang am Chronographen.“ Wenn man aber, wie wir dzt. in Wien und wohl die meisten anderen, darüber nicht verfügt — ganz abgesehen davon, daß bekanntlich gewisse Schaltungen und elektrische Einrichtungen nur für die Koinzidenzsignale zu verwenden sind —, so wird niemand im Zweifel sein, daß bei einer direkten akustischen Signalaufnahme die Auffassung von Koinzidenzen dem Einschätzen von Punkten in Zehntelsekunden weit überlegen ist. Die Unsicherheit verhält sich wie 1 : 6. Ist man aber im Besitze einer automatischen Registriervorrichtung, dann wird freilich der Unterschied zwischen wissenschaftlichem und Onogesignal verwischt, dann erscheint aber wegen der exakten Auswertungs-

möglichkeit dieses Signals die funkentelegraphische Mitteilung des Onogesignals erst recht bedeutungsvoll!

Im übrigen kommt Herr Mahnkopf am Schlusse seiner Ausführungen selbst dazu, der großen Wichtigkeit der Koinzidenzsignale keinen Abbruch tun zu wollen, am deutlichsten wohl mit der erfolgreichen Mitteilung, daß die Einführung von Nauen Koinzidenzsignalen seit längerem von Hamburg aus angestrebt wird und, wie ich im August gehofft hatte, nun auch wirklich zu erwarten ist. So wird trotz der schweren Zeiten in Deutschland und Zentraleuropa auf dem Gebiete der Vervollkommnung der drahtlosen Zeitabgabe ein großer Fortschritt erzielt sein! Berukheimer.

Die spektroskopischen Parallaxen des Harvard College Observatory. Schon im Dezember 1921 veröffentlichte Shapley einen ersten Versuch, das umfangreiche Material an Sternspektren, das seit Jahren am Harvard-Observatorium für Zwecke der Klassifizierung gesammelt worden ist, für die Bestimmung spektroskopischer Parallaxen nach dem Mt. Wilson-Vorbilde auszuwerten (Harv. Circ. 228). Seit dieser Zeit sind drei weitere Listen erschienen (Circ. 232, 243, 246), die Gesamtzahl der gemessenen Parallaxen auf 437 steigend. Dieses Unternehmen ist aus mehr als einem Grunde von Bedeutung. Einmal, weil es auf Grund der in Arequipa gemachten Aufnahmen den in fast allen Gebieten astronomischer Beobachtungen stiefmütterlich behandelten südlichen Himmel mit in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen gestattet; dann aber vor allem, weil damit neben dem bisher einzigen System spektroskopischer Parallaxen (dem des Mt. Wilson) ein neues, gleichwertiges zu entstehen beginnt, das jetzt schon die Brauchbarkeit der Methode im allgemeinen und die Zuverlässigkeit des Mt. Wilson-Systems im besonderen zu prüfen gestattet. Die ersten drei Listen Shapleys enthalten nur K-Sterne, in der letzten sind die Untersuchungen bereits bis G5 ausgedehnt, und es ist zu hoffen, daß der Spielraum in Bälle sich noch erweitern wird. Um die Brauchbarkeit der Harvard-Objektivprismenaufnahmen für diesen besonderen Zweck erst einmal zu erproben, stützte sich Shapley (unter Mitwirkung Lindblads) zunächst auf das Mt. Wilson-System und eichte seine Reduktionskurven mit Hilfe der auf dem Mt. Wilson bestimmten absoluten Helligkeiten. In der Hauptsache beruhen die Harvardparallaxen auf dem Intensitätsverhältnis der Linien $\lambda 4215$ (Sr+) und $\lambda 4326$ (Fe), die bei einer Dispersion von 20 mm (11"-Draper-telescope in Cambridge) bzw. 22 mm (13"-Boydentelescope in Arequipa) zwischen H_2 und H_1 genügend nahe beisammen stehen, um sichere Einschätzung in die ein-

zelen Intensitätsstufen (4 in dem Bereich der K-Riesen) zu ermöglichen. Der Anschluß an Mt. Wilson beruhte auf 50 K-Sternen, die Übereinstimmung der Messungen beider Beobachter untereinander und mit Mt. Wilson war sehr ermutigend. Es waren die bezüglich systematischen und durchschnittlichen Differenzen in absoluten Größen:

Lindblad-Shapley: $+0,^m31$ bzw. $\pm 0,^m32$ (50 Sterne)
 Harvard-Mt. Wilson: $-0,09$ bzw. $\pm 0,29$ (14 Sterne)
 Zum Vergleich sei bemerkt, daß der wahrscheinliche Fehler der absoluten Helligkeiten der Mt. Wilson-Liste auf $\pm 0,^m4$ zu veranschlagen ist. Ein Stern fällt besonders heraus, dessen abweichenden Wert spätere Harvardmessungen bestätigen: δ Leporis. Shapley und Lindblad fanden im Mittel $M = +3,7$, die Messung weiterer Platten durch H. und M. B. Shapley ergab $M = +3,9$, im Mittel also $M = +3,8$ (entsprechend $\pi = 0'',096$). Auf dem Mt. Wilson hingegen wurde gefunden $M = +1,5$ (entsprechend $\pi = 0'',033$). Die trigonometrische Parallaxe ist noch kleiner als diese beiden stark disharmonisierenden Werte, nämlich $\pi = 0'',024$. Eine ähnlich große Abweichung findet sich in der zweiten Liste Shapleys für α Virginis ($M_{\text{Harv.}} = +3,3$, $M_{\text{Mt. Wilson}} = +1,0$) und in 9 Fällen von den übrigen 100 Sternen sind die Differenzen $\geq 1,^m0$ entsprechend einer Unsicherheit der abgeleiteten Parallaxe von mehr als 20 %. Die Vorsicht, die von verschiedenen Seiten bezüglich der Zuverlässigkeit spektroskopischer Parallaxeneinzelwerte angeraten wird, scheint also immerhin am Platze zu sein, und es sind alle Versuche, dem Mt. Wilson-System neue und von ihm möglichst unabhängige Systeme an die Seite zu stellen, zu begrüßen.

Shapley ist denn auch auf dem einmal eingeschlagenen Wege einen Schritt weitergegangen und hat das Harvardsystem auf eigene Füße gestellt, indem er seine Reduktionskurven an die aus den Eigenbewegungen des Bosskatalogs abgeleiteten mittleren Parallaxen (bzw. absoluten Helligkeiten) anschloß. Bei der bekannten Abhängigkeit der Sternengeschwindigkeiten von der absoluten Helligkeit ist das zwar ein etwas gewagtes Verfahren, aber das einzig mögliche, solange für den südlichen Himmel nicht ein ähnlich ausgebautes System trigonometrischer Parallaxen zur Verfügung steht wie für den nördlichen. Die im neuen System noch einmal bestimmten absoluten Helligkeiten von 43 Sternen der alten Listen ergeben die folgenden systematischen bzw. durchschnittlichen Abweichungen:

H. C. 228,232 — H. C. 243: $+0,^m39$ bzw. $\pm 0,^m46$
 während der Vergleich mit Mt. Wilson zu den Zahlen führt:

Mt. Wilson — H. C. 243: $+0,^m53$ bzw. $\pm 0,^m51$ (23 Sterne)
 " " — H. C. 246: $+0,33$ $\pm 0,48$ (9 Sterne)

Mittel $+0,^m47$ bzw. $\pm 0,^m50$

Am Harvard werden also die Sterne um fast eine halbe Größenklasse absolut heller gefunden als auf dem Mt. Wilson. Das ist eine systematische Differenz, welche die mittlere innere Unsicherheit der Messungen (w. F. einer einzelnen absoluten Helligkeit $\pm 0,^m4$) übertrifft.

Eine bemerkenswerte Abweichung zwischen den beiden Harvardsystemen selbst tritt noch bei λ Sagittarii auf. Für diesen Stern wurde in H. C. 228, übereinstimmend mit Mt. Wilson, gefunden $M = +3,2$, $\pi = 0'',113$, während die Messung im neuen System (H. C. 243) ergab: $M = +1,1$, $\pi = 0'',043$. Solche Diskrepanzen könnten bedenklich stimmen und zur Stütze

der Kritik dienen, die von Rhijn (Publ. Groningen 34) an der spektroskopischen Methode übt. In einzelnen Fällen mag dies auch sicher berechtigt und Vorsicht geboten sein, und es wird sich empfehlen, die Intensitätsmessungen auch auf andere als die bisher benutzten wenigen Linien auszudehnen. Daß aber im allgemeinen die am Harvard fast ausschließlich benutzte Linie λ 4215 recht brauchbar ist, weist Shapley in einer kurzen Note (H. B. 788) nach. Die Gruppierung von 217 K-Riesen am südlichen Himmel nach der Größe der EB ergibt einen deutlichen Gang des Intensitätsverhältnisses zwischen λ 4215 (Sr+) und λ 4326 (Fe):

mittl. EB	Int.	Anzahl
$0'',023$	5,0	54
47	4,8	54
85	4,4	54
0,176	4,2	55

Ganz das gleiche Bild bieten 91 Sterne von G 7 bis K 2 des nördlichen Himmels dar (andere Skala der Intensitäten!):

mittl. EB	Int.	Anzahl
$0'',023$	3,4	22
55	3,2	23
90	2,9	23
0,209	2,5	23

Mit den vorliegenden Arbeiten hat Shapley das Programm des Harvard Observatory um einen außerordentlich wertvollen Punkt bereichert, und nach dem bisher Erreichten zu schließen, kann man den weiteren Veröffentlichungen spektroskopischer Parallaxen von dieser Seite mit berechtigten Hoffnungen entgegensehen. Ob das Gelingen dieser Versuche an einem gar nicht für den speziellen Zweck und keineswegs mit besonders großen instrumentellen Hilfsmitteln gesammelten Material nicht vielleicht aufmunternd wirkt auf andere Beobachter, die um ein zeitgemäßes Programm verlegen sind?

Die scheinbare Verteilung der M-Sterne weist nach Harvard Circular 245 die folgenden Eigentümlichkeiten auf. In galaktischer Länge ist die Verteilung ziemlich gleichmäßig und zeigt nur eine Anhäufung vor allem der Sterne schwächer als 8. Größe in der Sagittarius-gegend. In galaktischer Breite ergibt sich ein der allgemeinen Sternverteilung ähnliches Bild: die hellen Sterne zeigen geringe Konzentration gegen die Milchstraße, während bei den schwächeren Sternen der Einfluß der Milchstraße sehr viel deutlicher hervortritt. Einige Zahlen, aus Shapleys Tabellen zusammengefaßt, mögen das veranschaulichen.

Größe	Spektr.	Galaktische Breite			Anzahl (0°) Anzahl (80°)
		$\pm 80^\circ$	$\pm 50^\circ$	0°	
< 8,0	Ma	135	148	199	1,5
	Mb	52	53	74	1,4
8,0 bis 9,0	Ma	71	124	275	3,9
	Mb	23	41	95	4,1
> 9,0	Ma	52	77	192	3,7
	Mb	32	44	115	3,6

Während die Sterne heller als 8. Größe in der Milchstraße nur etwa $1\frac{1}{2}$ mal so häufig sind als in der Gegend der Pole, steigt die Konzentration der schwachen Sterne auf den vierfachen Betrag an. Kienle.

Sachregister.

- Absorptionsbanden**, Erforschung der ultraroten — der Halogenwasserstoffe. S. 845.
- Abstammungslehre**, Allgemeine —. Zugleich eine gemeinverständliche Kritik des Darwinismus und Lamarckismus (Bespr.). S. 977.
- Allgemeine Zoologie und — (Bespr.). S. 635.
- Abwasserreinigung**, Die Rolle des Luftsauerstoffs bei der — (Hans Stoeff). S. 389.
- Achsendrehung**, Der Einfluß der — der Erde auf rotierende Räder (Otto Baschin). S. 1011.
- Achsenskelett**, Über die Entwicklung des — der Wirbeltiere (Bespr.). S. 380.
- Acidose**, Über — und Alkalose (Otto Porges). S. 70.
- Adaptation**, Die komplementäre chromatische —. S. 711.
- Adiabatische Transformationen** in der Quantentheorie und ihre Behandlung durch Niels Bohr (P. Ehrenfest). S. 543.
- Aerodynamik** (Bespr.). S. 748.
- Aerologische Tagung zu Lindenberg** und die Begründung der meteorologischen Arbeitsgemeinschaft. S. 12.
- Aether**, Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im — (Bespr.). S. 231.
- Über — und Uräther (Bespr.). S. 228.
- Aethernarkose**, Über den Einfluß der — auf die Heimkehrfähigkeit der Bienen. S. 710.
- Ahnenfrage**, Zur — der Cirripeden (Hjalmar Broch). S. 885.
- Akademie der Wissenschaften**, Sitzungsberichte der Preussischen —. S. 93.
- der Wissenschaften in Wien, Sitzungsberichte der —. S. 409, 457, 482.
- Akustische Tiefseelotungen**, Die ersten — (Georg Wüst). S. 286.
- Albanien**, Reisen im südlichen —. S. 257.
- Aigen**, Über Beziehungen zwischen Eisenbakterien und —. S. 307.
- farbige, Über die Bedeutung von Lichtintensität und Wellenlänge für die Assimilation —. S. 831.
- Morphologie und Biologie der —. 2. Auflage (Bespr.). S. 307.
- Alkalien**, Bemerkungen über die Spektren der — (Zuschr.). S. 433.
- Alkalose**, Über Acidose und — (Otto Porges). S. 70.
- Alpen**, Bau und Entstehung der — (Bespr.). S. 860.
- Das Pflanzenleben der — (Bespr.). S. 430.
- Alter**, Die Vergleichbarkeit des — bei Tieren. S. 481.
- Altersbestimmung von Mineralien** (Gerhard Kirsch) s. a. Radioaktive Methoden. S. 372.
- Alterserscheinungen**, Über — bei Insekten und ihre bekämpfungsphysiologische Bedeutung (Ernst Janisch). S. 929.
- Aluminium**, Die Verbreitung des — in der Natur (Bespr.). S. 306.
- Ambrosiapilz**, Der — der Termiten. S. 876.
- Ammoniakverfahren**, Zur Geschichte des — (Zuschrift). S. 339.
- Amphioxus** als Delikatesse. S. 896.
- Amygdalin**, Die Konstitution des —. S. 454.
- Analytische und synthetische Methoden**, Spezielle — (Bespr.). S. 205.
- Anatomie**, Zellenlehre und — der Pflanzen (Bespr.). S. 157.
- Anden**, bolivische, Die Pflanzenwelt der — und ihres östlichen Vorlandes (Bespr.). S. 784.
- Anemonin**, Ranunkelöl und —. S. 502.
- Anionenreihe**, Über die angebliche Gültigkeit der Hofmeisterschen — bei der Quellung von Eiweißkörpern (Zuschr.). S. 525.
- Annual Report of the Director, United States Coast and Geodetic Survey 1921**. S. 363.
- Anorganisch-chemische Industrie**, Fortschritte in der — an der Hand der Deutschen Reichspatente (Bespr.). S. 926.
- Anorganische Chemie** (Bespr.). S. 76, 336.
- — Kurzes Lehrbuch der — (Bespr.). S. 252.
- Anthropologie** (Bespr.). S. 288.
- Antirhinum**, Über den Einfluß von Radiumbestrahlung auf —. S. 308.
- Aplanatic Lens**, A large aperture — not corrected for colour. S. 892.
- Arbeitsgemeinschaft**, meteorologische, Begründung der —. S. 12.
- Arbeitsweisen**, Neue —. Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege (Fritz Haber). S. 753.
- Argon**, Die Kristallstruktur des — (Zuschr.). S. 1015.
- Zusammenhang zwischen den Spektren des ionisierten Kaliums und des —. S. 161.
- Artbegriff**, Entwicklungsgedanke und — in ihrer geschichtlichen Entstehung und sachlichen Beziehung (Bespr.). S. 978.
- Asten**, Über die Entdeckung eines neuen riesigen Säugetiers im unteren Miozän — (Othenio Abel). S. 284.
- A-Sterne**, Spektroskopische Parallaxen der —. S. 140.
- Astronomie für Jedermann** (Bespr.). S. 129.
- Populäre (Bespr.). S. 207.
- Grundriß der theoretischen — (Bespr.). S. 77.
- Astronomische Gesellschaft**, Cerulli Nachfolger Kapteyns im Vorstand der —. S. 435.
- Atmosphärische Störungen**, Gleichzeitige — in der drahtlosen Telegraphie. S. 799.
- Atmungsregulation und Reaktionsregulation** (Hans Winterstein). S. 625, 644.
- Atom**, Das Korrespondenzprinzip und der Schalenbau des — (H. A. Kramers). S. 550.
- Atomordnung der kristallisierten Elemente** (Zuschrift). S. 667.
- Atome**, Über den Bau der — (N. Bohr). S. 606.
- Atomic constitution**, The theory of spectra and — (Bespr.). S. 336.
- Atomphysik**, Konstanten der — (Bespr.). S. 500.
- Atomtheorie**, Die Bohrsche — (Max Planck). S. 535.
- — Absorption, Zerstreuung und Dispersion in der — (R. Ladenburg und F. Reiche). S. 584.
- — Die Beziehungen der — zur Deutung chemischer Vorgänge (W. Kossel). S. 598.
- — Röntgenspektren und — (D. Coster). S. 567.

- Atomzahl 72, Über das Element der — (Zuschr.). S. 133.
- Aufbereitungsprodukte (Bespr.) s. a. Erze. S. 111.
- Aufreißen, Das — von kaltgereckten Messinggegenständen. S. 529.
- Auge, Über keratoplastische Operationen am menschlichen — (Heinrich Streuli). S. 293.
- Augenspiegel, Gab es schon vor Helmholtz einen —? S. 236.
- Ausschuß, Satzungen des — zur Förderung des wissenschaftlich - medizinischen Nachwuchses (Hilfsausschuß der Rockefeller Foundation). S. 211.
- Avena sativa, Eine im direkten Sonnenlicht nicht lebensfähige Sippe von —. S. 668.
- Axiome, Betrachtung über die — der Biologie. S. 767.
- Bäckerei, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiete der Mülerei und — (Bespr.). S. 291.
- Bakterien, grüne, Über den Farbstoff der — S. 711.
- und Strahlenpilze (Bespr.). S. 181.
- Bakteriophage, Der — und seine Bedeutung für die Immunität (Bespr.). S. 182.
- Balmerlinien, Zur Frage der Feinstruktur der — (Zuschr.). S. 45.
- Bandenspektren, Neuere Beiträge zur Kenntnis der — (Zuschr.). S. 637.
- und Molekülmodelle (A. Kratzer). S. 577.
- Basedowsche Krankheit, Über die Einwirkung von Kriegskosten auf die — S. 188.
- Bayrischer Wald, Die Tiefengesteine des — und der Pfahl. S. 113.
- Behm-Lot, Das — (W. Brennecke). S. 149.
- Befruchtung, Über die Beziehungen zwischen — und postfloralen Blütenstielbewegungen. S. 186.
- Berberisblüte, Zur Elektrophysiologie der —. S. 878.
- Bewegungsformen, Kraftarten und — (Bespr.). S. 404.
- Bewegungsphysiologie, Studien über die — niederer Organismen (P. Metzner). S. 365, 395.
- Biber, Vom — an der Elbe. S. 235.
- Bienen, Über den Einfluß der Äthernarkose auf die Heimkehrfähigkeit der —. S. 710.
- Über die Sprache der —. S. 48, 633.
- Bienenstich, Über den — (Ferdinand Flury). S. 341.
- Biochemie (Bespr.). S. 656.
- Handbuch der — des Menschen und der Tiere (Bespr.). S. 910.
- Biologie, Die Grenzen der mikrochemischen Methodik in der — (Hermann Brunswik). S. 881.
- der Tiere Deutschlands (Bespr.). S. 783.
- Biologische Arbeitsmethoden, Handbuch der — (Bespr.). S. 44, 205, 450.
- Gesellschaft zu Leipzig: Gefäßbaum und Organbildung. S. 114.
- Über neue im Veterinärinstitut der Universität Leipzig und im Reichsgesundheitsamte durchgeführte Passageversuche mit vom Menschen stammendem Tuberkulosematerial. S. 115.
- Biophysik (Bespr.). S. 656.
- Birds and mammals of the Stikine river region of northern British Columbia and southern Alaska. S. 234.
- Blausäure, Über die antikatalytische Wirkung der — (Zuschr.). S. 159.
- Blei-Bogenspektrum, Das — (Zuschr.). S. 255.
- Serien im — (Zuschr.). S. 78.
- Blizzards, Kaltwellen, Northers und — in Nordamerika. S. 981.
- Blütenbildung, Periodische — bei Orchideen. S. 877.
- Blütenökologie, Der Tierversuch im Dienste der —. S. 696.
- Blütenstielbewegungen, Über die Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen —. S. 186.
- Blumenbesuch, Lichtsinn und — des Taubenschwanzes. S. 742.
- Blutfarbstoff, Über eine auffallende Gesetzmäßigkeit in der Verteilung des roten — auf die Oberfläche der roten Blutkörperchen (K. Bürker). S. 512.
- Blutkörperchensenkung, Zur Theorie des Phänomens der — (Zuschr.). S. 875.
- Blutkohle, Über — und Häminkohle (Zuschr.). S. 862.
- Blutzucker, Über Ursprung, Schicksal und Höhe des — (E. J. Lesser). S. 422.
- Bodenkunde (Bespr.). S. 157.
- Bohrsche Atomtheorie, Die — (Max Planck). S. 535.
- — Absorption, Zerstreuung und Dispersion in der — (R. Ladenburg und F. Reiche). S. 584.
- — Die Beziehungen der — zur Deutung chemischer Vorgänge (W. Kossel). S. 598.
- — Röntgenspektren und — (D. Coster). S. 567.
- — Theorie und Elektronenstoß (G. Hertz). S. 564.
- — und Radioaktivität (G. v. Hevesy). S. 604.
- Brandspitzen, Sekundäre Geschlechtsmerkmale bei —. S. 184.
- Brille, Die Entwicklung der —. X (M. v. Rohr). S. 249.
- Die — und ihre Herstellung. S. 891.
- Bromthymolblau, Die aktuelle Reaktion der Gewebe bei —. S. 48.
- Brownsche Molekularbewegung, Über objektive Demonstration der — (A. Ehringhaus). S. 42.
- B-Sterne, Die Entfernungen der —. S. 712.
- Bunsengesellschaft, Hauptversammlung der Deutschen —. S. 652.
- Canada, Verflüssigung des Heliums in —. S. 894.
- Carnegie-Institution, Die Arbeiten der — und andere neuere Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der Erde (A. Nippoldt). S. 37.
- Cellulose, Vom Abbau der — in der Natur (C. Neuberg). S. 657.
- δ-Cephei-Sterne, Entfernung und absolute Helligkeit der —. S. 848.
- Cerulli Nachfolger Kapteyns im Vorstand der Astronomischen Gesellschaft. S. 435.
- Chemie, allgemeine, Kurzes Lehrbuch der — (Besprechung). (Groh). S. 862.
- anorganische (Bespr.). (Ephraim). S. 76, 336.
- — Kurzes Lehrbuch der — (Bespr.). (Stavenhagen). S. 252.
- Geschichte der — (Bespr.). (Bauer). S. 77.
- Lehrbuch der — (Bespr.). (Trautz). S. 449.
- Die — und das moderne Leben (Bespr.). (Arrhenius). S. 75.
- pharmazeutische (Bespr.). (Mannheim). S. 77.
- physikalische, Einführung in die — (Bespr.). (Walker). S. 254.
- präparative, Handbuch der — (Bespr.). (Vaninoj). S. 252.
- Chemiker-Kalender 1923 (Bespr.). S. 337.
- Chemische Methoden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. (Bespr.). S. 205, 450.
- Reaktionen, Über Lumineszenz bei — (H. Zocher und H. Kautsky). S. 194.
- Vorgänge, Die Beziehungen der Bohrschen Atomtheorie zur Deutung — (W. Kossel). S. 598.

- Chemischer Sinn, Über eine Methode zur Untersuchung des — niederer Tiere und einige Ergebnisse an Daphnien. S. 709.
- Vorgang, Die Form der Stoffe im — (V. Kohl-schütter). S. 865.
- Chilenisches Erdbeben, Aufzeichnungen des — vom 11. November im Potsdamer Geodätischen Institut. S. 92.
- Chimären, Tierische — und künstliche Individualitäten. S. 327.
- China, Naturbilder aus —. S. 357.
- Chitin, Aufbau des —. S. 46.
- Chromosomen, Erbllichkeit und — (Bespr.). S. 981.
- Cirripeden, Zur Ahnenfrage der — (Hjalmar Broch). S. 885.
- Coast and Geodetic Survey, United States —. S. 363.
- Copepoden, subterrane, Ein Mutualismus zwischen — und Schwefelbakterien. S. 877.
- Cosine law, Optical —. S. 892.
- Crystallographiae, Prodomus — (Bespr.). S. 254.
- Cytoplasma, Zelle und — (Bespr.). S. 750.
- Danziger** Naturforschende Gesellschaft. S. 431.
- Daphnien s. a. Chemischer Sinn. S. 709.
- Darwinismus, Eine gemeinverständliche Kritik des — und Lamarckismus (Bespr.). S. 977.
- Deformation (K. Fajans) s. a. Elektronenhüllen. S. 208.
- Beeinflussung der Unterkühlung durch —. S. 234.
- Deutschland, Biologie der Tiere — (Bespr.). S. 783.
- Der Sonnenschein in —. S. 137.
- Deutsch-Südwest-Afrika, Winterregen in — (Besprechung). S. 129.
- Diabetes, Intarvin, ein neues synthetisches Heilmittel gegen — (Zuschr.). S. 938.
- Differential- und Integralrechnung, Lehrbuch der — für Studierende der Naturwissenschaften (Besprechung). S. 385.
- Diffusion, Rekristallisation und —. S. 233.
- Digitalis, Die — und ihre therapeutische Anwendung (Ernst Edens). S. 969.
- Döhreiner, J. W., Eine Niederschrift des Chemikers — für Goethe und die Großherzogin Maria Paulowna (Julius Schiff). S. 89.
- Doppelsternsysteme, Die Spektra der schwächeren Komponenten von —. S. 323.
- Düngelehre, Die — (Bespr.). S. 998.
- Dürresistenz, Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die — der Xerophyten. S. 710.
- Durchbruchstäler, Die — der Südkarpathen. S. 257.
- Dynamik, höhere, Die wichtigsten Lehren der — (Bespr.). S. 112.
- Eigröße**, Das Verhältnis der — zur Körpergröße des Vogels (Zuschr.). S. 158.
- Einkristalldrähte s. a. Sn-Einkristalldrähte. S. 256.
- Einsteins spezielle Relativitätstheorie eine Komödie der Irrungen (Bespr.). S. 937.
- Einsteinsche Relativitätstheorie, Grundzüge der — (Bespr.). S. 231.
- Eisenbakterien, Über Beziehungen zwischen — und Algen. S. 307.
- Eiweißkörper (Zuschr.) s. a. Anionenreihe. S. 525.
- Die Erklärung für das kolloidale Verhalten der — (Jacques Loeb). S. 213. — (Zuschr.). S. 523.
- Eizellen, Die Entwicklungserregung parthenogenetischer —. S. 388.
- Elastizitätslehre, Die wichtigsten Lehren der — (Bespr.). S. 112.
- Elbe, Vom Biber an der —. S. 235.
- Electrodynamics of moving media. Bulletin of the National Research Council (Bespr.). S. 522.
- Elektrische und optische Erscheinungen, Neuere Beobachtungen über den Zusammenhang — (B. Gudden und R. Pohl). S. 318.
- Elektrische Resonanz, Untersuchungen über — (Besprechung). S. 1000.
- Elektrizität, Einführung in die Theorie der — und des Magnetismus (Bespr.). S. 384.
- Einführung in die Maxwell'sche Theorie der — und des Magnetismus, 2. Auflage (Bespr.). S. 336.
- Die — in Metallen (Bespr.). S. 522.
- Elektrochemie, Grundzüge der angewandten —. Elektrochemie wässriger Lösungen (Bespr.). S. 452.
- Elektron, Das —, Seine Isolierung und Messung, Bestimmung einiger seiner Eigenschaften (Besprechung). S. 335.
- Elektronenhüllen, Struktur und Deformation der — in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen (K. Fajans). S. 165.
- Elektronenrückstoß bei der Zerstreuung der Röntgenstrahlen und Lichtquantenhypothese (Zuschrift). S. 965.
- Elektronenstoß, Bohrsche Theorie und — (G. Hertz). S. 561.
- Über die Anregung von Spektrallinien durch — (Zuschr.). S. 778.
- Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. S. 680.
- Elektrophysiologie, Zur — der Bärberisblüte. S. 878.
- Elementarmathematik, Geschichte der — in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwörter (Bespr.). S. 478.
- Element, Über das — der Atomzahl 72 (Zuschr.). S. 133.
- Elemente, chemische (Bespr.) s. a. Radioaktivität. S. 255.
- Zur Isotopie der —. S. 888.
- Embryonales Feld, Über den Begriff des —. S. 360.
- Empfindlichkeit, Die relative — des Ohres. S. 15.
- Empirismus, Das Problem des — (Bespr.). S. 204.
- Encephalitis, Die epidemische — (Felix Stern). S. 913.
- Entfernungs- und Höhenmessung in der Luftfahrt (Bespr.). S. 401.
- Entwicklungsgedanke und Artbegriff in ihrer geschichtlichen Entstehung und sachlichen Beziehung (Bespr.). S. 973.
- Entwicklungskurve, Die individuelle — des Menschen, ein Problem der medizinischen Konstitutions- und Vererbungslehre (Bespr.). S. 43.
- Entzündung, Über die — (Ludwig Aschoff). S. 611.
- Enzymatische Regulation der Spaltöffnungsbewegung (Friedl Weber). S. 309.
- Enzyme, Chemie der — (Bespr.). S. 997.
- kohlehydrat- und glykosidspaltende, Über die spezifische Natur und den Wirkungsmechanismus — (Richard Kuhn). S. 732.
- Eötvössche Schwerewage, Über die Leistungen der —. S. 80.
- Erbllichkeit und Chromosomen (Bespr.). S. 981.
- Erdbeben s. a. Chilenisches Erdbeben. S. 92.
- Erdbebenforschung (Seismologie), Der gegenwärtige Stand der — (E. Tams). S. 49.

- Erde, Der Einfluß der Achsendrehung der — auf rotierende Räder (Otto Baschin). S. 1011.
- Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der — (A. Nippoldt). S. 37.
- Vor 400 Jahren um die — und heut. S. 10.
- Erdkruste s. a. Erdrotation. S. 87, 207.
- Die Bausteine der — (E. Bederke). S. 123.
- Erdrotation und tektonische Bewegungen der — (Zuschr.). S. 292.
- Erdkunde, Gesellschaft für — zu Berlin: Vor 400 Jahren um die Erde und heut. S. 10.
- Das Luftschiff im Dienste des Weltverkehrs und der Wissenschaft. S. 11.
- Die Siedelungen Flanderns. S. 92.
- Aufzeichnungen des chilenischen Erdbebens vom 11. November im Potsdamer Geodätischen Institut. S. 92.
- Ost-Tibet auf Grund eigener Reisen. S. 93.
- Die Durchbruchstäler der Südkarpathen. S. 257.
- Alte Züge im Landschaftsbilde der Ostalpen. S. 257.
- Reisen im südlichen Albanien. S. 257.
- Finnland. S. 258.
- Nikolaus Kopernikus. S. 356.
- Naturbilder aus China. S. 357.
- Vermessungswesen der Marine. S. 357.
- Reisebilder aus der Südsee. S. 358.
- Die ethnographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse Ungarns. S. 479.
- Ethnologische Reiseerlebnisse aus Mittelamerika. S. 527.
- Die Siebenbürger Sachsen. S. 940.
- Erdmagnetismus, Die Anomalie des — und der Gravitation im Kursker Gouvernement (P. Lasareff). S. 705.
- Erdöl, Das — und seine Verwandten (Bespr.). S. 406.
- Erdöllagerstätten, Grundlagen der Petroleumgeologie (Bespr.). S. 405.
- Erdrotation, Der Einfluß der — auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste (Otto Baschin). S. 87. — (Zuschr.). S. 207, 292.
- Erkenntnistheorie, Relativitätstheorie und — (Besprechung). S. 827.
- Erkenntnistheorie s. a. Relativitätstheorie. S. 230.
- Ernteertrag, Die Möglichkeit der Abschätzung des — auf Grund meteorologischer Angaben (K. Knoch). S. 769.
- Erregung, Neues über Reiz und — im Lebensvorgang. S. 531.
- Erze, Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von — und Aufbereitungsprodukten, besonders im auffallenden Licht (Bespr.). S. 111.
- Ethnologische Reiseergebnisse aus Mittelamerika. S. 527.
- Eutektika, Struktur der —. S. 232.
- Familienkunde, naturwissenschaftliche, Einführung in die — (Bespr.). S. 980.
- Farben, Über das Verbleichen der — (P. Kraus). S. 243.
- Farbensinn, Das Problem des tierischen — (K. v. Frisch). S. 470.
- Farbentöne, Grundzüge einer neuen Psychologie, Physiologie und Psychophysik der — (Julius Pikler). S. 681.
- Farbstoff, Über den — der grünen Bakterien. S. 711.
- Farbwechsel, Über den tagesperiodischen — von Selaginella. S. 696.
- Faserstoffchemie, Einige Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für — (R. O. Herzog). S. 172.
- Gesammelte Abhandlungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für — aus den Jahren 1920 bis 1922 (Bespr.). S. 814.
- Feinstruktur (Zuschr.) s. a. Balmerlinien. S. 45.
- Analyse der — der Spektrallinien. S. 846.
- Fertilität, Über Vererbung und — bei Heterostylie. S. 876.
- Festgabe der Kristallographen an P. v. Groth zur Feier seines achtzigsten Geburtstages (W. Eitel). S. 903.
- Fettansatz, Über — (Julius Bauer). S. 21.
- Feuerfeste und hochfeuerfeste Stoffe (Bespr.). S. 862.
- Tone, Die — und Rohstoffe, sowie deren Verwendung in der Industrie feuerfester Erzeugnisse (Bespr.). S. 861.
- Feuerlöschen durch Wasserdampf. S. 364.
- Finnland. S. 258.
- Fische, Geschlechtsgebundene und geschlechtsbegrenzte Vererbung bei — (Theo J. Stomps). S. 426.
- Fishes, A., Bibliography of —. S. 361.
- Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhaufen. S. 507.
- Flammen, Über das Leuchten der — (Zuschr.). S. 782, 1013.
- Flandern, Die Siedelungen —. S. 92.
- Flechten, Pilze und — (Bespr.). S. 157.
- Flora, Die neue — von Krakatau. S. 877.
- Flugzeugkunde, Handbuch der — (Bespr.). S. 748.
- Fluoreszenz von Gasen (J. Franck und P. Pringsheim). S. 559.
- Form, Die — der Stoffe im chemischen Vorgang (V. Kohlschütter). S. 865.
- Formenlehre (Bespr.) s. a. Kristallographische Formenlehre. S. 477.
- Fossilisation, Die — (Bespr.). S. 798.
- Frühtreiben, Neue Mittel zum —. S. 877.
- durch Quetschen. S. 878.
- Fucose, Die Keimungsrichtung von — und die Theorie der Lichtperzeption. S. 668.
- Fucusspermatozoiden, Zur Reizphysiologie der —. S. 832.
- Funkentelegraphische Zeitsignale. S. 728.
- Funktionen, Über Steuerung von — im Tierkörper (O. Loewi). S. 117.
- Funktionentheorie (Bespr.). S. 519.
- Futterstoffe, saftreiche, Die neuen Methoden der Konservierung —. S. 47.
- Galvanotaxis beim Regenwurm. S. 829.
- Gase, Fluoreszenz von — (J. Franck und P. Pringsheim). S. 559.
- Gebirgsbildende Vorgänge, Neue Anschauungen über die wirksamen Kräfte bei —. S. 503.
- Gefäßbaum und Organbildung. S. 114.
- Gelatine, Über die Quellung der — in Säuren. S. 523.
- Geographisches aus Südamerika. 455.
- Geologie, Historische —. Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung (E. Wepfer). S. 918, 931, 948, 971, 989.
- von Mexico (Bespr.). S. 406.
- praktische, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 207.
- der Schweiz (Bespr.). S. 430.
- Technische (Bespr.) S. 407.

- Geologische Forschung, Der gegenwärtige Stand der —: Die Bausteine der Erdkruste (E. Bederke). S. 123.
- Der gegenwärtige Stand der —: Historische Geologie (E. Wepfer). S. 918, 931, 948, 971, 989.
- Gesellschaft, Sitzungsberichte der —: Die Tiefengesteine des Bayerschen Waldes und der Pfalz. S. 113.
- Die geologische Neuaufnahme des Harzes. S. 114.
- Geologische Karte, Die Projektion der — (Max Eckert). S. 792.
- Neuaufnahmen des Harzes. S. 114.
- Geologisches Archiv (Bespr.). S. 928.
- Geotaxis, Über die — von *Paramaecium*. S. 694.
- bei dem Seeigel *Centechinus*. S. 695.
- Geruchssinn, Ein Beitrag zur Kenntnis des — der Insekten (Albrecht Hase). S. 801.
- Gesang, Eine neue Arbeit über den — der Vögel (Fritz Braun). S. 354.
- Die Bedeutung des — der Vögel in biologisch-anatomischer Behandlung (Hans Böker). S. 820.
- Über die Aufgabe des — im Leben der Vögel (Fritz Braun). S. 1006.
- Geschlecht und Geschlechter im Tierreiche (Bespr.). S. 402.
- Das — und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale (Bespr.). S. 382.
- Geschlechtsbestimmung und -Umstimmung (J. W. Harms). S. 897.
- Geschlechtsleben, Aus dem — der Spinnen (Ulrich Gerhardt). S. 849.
- Geschlechtsmerkmale, Sekundäre — bei Brandspitzen. S. 184.
- Gesichtsempfindungen (Bespr.) s. a. Goethe. S. 180.
- Geschwindigkeitsverteilung bei den Sternen der Spektraltypen F bis M. S. 505.
- Gesteins- und Mineralprovinzen (Bespr.). S. 796.
- Gewohnheit und Erfahrung. S. 842.
- Gewohnheitsbildung, Hemmung der — durch bestehende Gewohnheiten bei der weißen Ratte und dem Menschen. S. 528.
- Gifte, Die Mauereidechse als physiologisches Reagens auf —. S. 482.
- Glas, optisches, Zur Geschichte des — (Zuschr.). S. 159.
- Glyzerin, Das — (Bespr.). S. 813.
- Goethe und die Physik (Bespr.). S. 928.
- und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen (Besprechung). S. 180.
- Gold-Bogenspektrum, Seriendarstellung des — (Zuschrift). S. 500.
- Granit, Was liegt unter dem — (Hans Cloos). S. 7.
- Graphologie, Die Grundprobleme der —. S. 532.
- Gravitation, Die Anomalie des Erdmagnetismus und der — im Kursker Gouvernement (P. Lasareff). S. 705.
- Grippe, Die — im Felde und in der Heimat. S. 531.
- Groth, P. v., Die Festgabe der Kristallographen an — zur Feier seines achtzigsten Geburtstages (W. Eitel). S. 903.
- Häminkohle, Über Blutkohle und — (Zuschr.). S. 862.
- Hämocyanin, Das — (G. Quagliariello). S. 261.
- Hafniumreiches Mineral, Ein besonders —. S. 454.
- Hai, Der — (H. Braus). S. 776. — (Zuschr.). S. 911.
- Halbschmarotzer, grüne, Über die Ernährung der —. S. 185.
- Halogenwasserstoffe, Erforschung der ultraroten Absorptionsbanden der —. S. 845.
- Harvard College Observatory, Die spektroskopischen Parallaxen des —. S. 1015.
- Harz, Die geologische Neuaufnahme des —. S. 114.
- Hasselwander s. a. Röntgenbilder. S. 236.
- Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft (Friedrich Auerbach). S. 652.
- der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde (W. Fraenkel). S. 938.
- Hautdrüsen, Die — der Menschen und der Säugetiere (Autoreferat). S. 895.
- Hedin, Sven — Tibetwerk. S. 745.
- Heide- und Moorpflanzen, Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher —. S. 726.
- Heimkehrfähigkeit, Über den Einfluß der Aethernarkose auf die — der Bienen. S. 710.
- Heilpflanzen, Unsere — und ihre Stellung in der Volkskunde (Bespr.). S. 154.
- Helgoland, Bau und Bild —. S. 532.
- Helium, Verflüssigung des — in Canada. S. 894.
- Das Spektrum des — im extremen Ultraviolett. S. 321.
- Heliumsterne, Die scheinbare Verteilung der —. S. 116.
- Helligkeitsvergleichung (J. v. Kries) s. a. Stereophotometrisches Verfahren. S. 461.
- Helmholtz, Gab es schon vor — einen Augenspiegel? S. 236.
- Heringslaichplätze, Der Schellfisch auf den —. S. 766.
- Herz, Das — der Natur (Bespr.). S. 497.
- Heterostylie, Über Vererbung und Fertilität bei —. S. 876.
- Hieracien, Die rheinischen —. S. 307.
- Hilfsmittel, mathematische, Die — des Physikers (Bespr.). S. 519.
- Hitzewellen und heiße Winde in Nordamerika. S. 800.
- Hochvakuum, Physik und Technik des — (Bespr.). S. 478.
- Höhenmessung in der Luftfahrt (Bespr.). S. 404.
- Hörbarkeit großer Räume (Bespr.). S. 31.
- Hormontheorie, Die Entwicklung der Menschenrassen im Lichte der —. S. 47.
- Hunger, Der Stoffwechsel im — und bei Unterernährung. S. 187.
- Hydra, Über die Verdauung von —. S. 966.
- Hydrodynamik der Infusorien (Zuschr.). S. 640.
- Japanausschuß, Richtlinien für die Tätigkeit des — der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. S. 31, 210.
- Immunität, Der Bakteriophage und seine Bedeutung für die — (Bespr.). S. 182.
- Individualität, Die — (M. Kronenberg). S. 325.
- Infusorien, Zur Hydrodynamik der — (Zuschr.). S. 640.
- Innervation, Die trophische —. S. 188.
- Innsbruck, Mitteilungen der Universitätssternwarte —. S. 727.
- Insekten (Ernst Janisch) s. a. Alterserscheinungen. S. 929.
- Ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchssinnes der — (Albrecht Hase). S. 801.
- Kopftransplantation an —. S. 967.
- Insektenbekämpfung, Die moderne — in den Vereinigten Staaten. S. 691.
- Insektenkunde, Praktikum der — nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten (Bespr.). S. 305.

- Institutionen, Norwegische naturwissenschaftliche — und Publikationen außerhalb der Universität (Hjalmar Broch). S. 1009.
- Insulin. S. 942.
- Eine Vorlesung über die Physiologie des —. S. 941.
- Der Ursprung des —. S. 943.
- Insulinhypoglykämie, Der Einfluß des Ernährungszustandes des Tieres auf die —. S. 941.
- Das Auftreten der Ketonkörper im Urin normaler Kaninchen bei —, eine experimentell erzeugte acute Acidosis. S. 942.
- Intarvin, ein neues synthetisches Heilmittel gegen Diabetes (Zuschr.). S. 938.
- Integralgleichungen, Die — und ihre Anwendungen in der mathematischen Physik (Bespr.). S. 253.
- Interferenzmethode zur Prüfung optischer Systeme (E. Bratke und E. Waetzmann). S. 225.
- Interferometer, Das neue 50-Fuß — des Mt.-Wilson-Observatoriums. S. 209.
- Intersexualität, Neue Untersuchungen über —. S. 387.
- Ionen (Gustav Embden) s. a. Muskelkontraktion. S. 985.
- Isotope (Bespr.). S. 926.
- Isotopie der Elemente. S. 888.
- Kälte, Erzeugung und Nutzbarmachung von —. S. 73.
- Kältezeiten, Norther und Blizzards in Nordamerika. S. 981.
- Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie, Einige Arbeiten aus dem — (R. O. Herzog). S. 172.
- — — Gesammelte Abhandlungen aus dem — aus den Jahren 1920 bis 1922 (Bespr.). S. 814.
- — — für Metallforschung, Mitteilungen aus dem — Neu-Babelsberg (Bespr.). S. 111.
- Kali, Das — (Bespr.). S. 811.
- Kalium, ionisiertes, Zusammenhang zwischen den Spektren des — und des Argons. S. 161.
- Kamerlingh Onnes, Heike —. S. 14.
- Kangaroo rat, A geographical study of the — of California. S. 46.
- Kant, Die Telologie — und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie (Bespr.). S. 975.
- Kaoline, keramische, Die physikalisch-technische Untersuchung — (Bespr.). S. 109.
- Kapillarchemie (Bespr.). S. 275, 996.
- Kartenkunde, Kleine Werke über Vermessung und — (Bespr.). S. 499.
- Karyologie, Allgemeine — (Bespr.). S. 750.
- Kausalproblem, Geschichte des — in der neueren Philosophie (Bespr.). S. 205.
- K-Effekt, Der —. S. 863.
- Keimzellenalter, Über den Einfluß des — auf die Vererbungsrichtung. S. 768.
- Keramische Kaoline, Die physikalisch-technische Untersuchung — (Bespr.). S. 109.
- Keratoplastische Operationen am menschlichen Auge (Heinrich Streuli). S. 293.
- Königliche Stimmgabeln, Zusammenklang —. S. 362.
- Körpergröße, Das Verhältnis der Eigröße zur — des Vogels (Zuschr.). S. 158.
- Kohlhydrat-Phosphorsäure-Verbindungen. S. 896.
- Kohlenoxyd im Tabakrauch. S. 138.
- Kolloidchemie und Photographie (Bespr.). S. 451.
- Kolloide Lösungen, Die Methoden zur Herstellung — anorganischer Stoffe (Bespr.). S. 452.
- Kombinationsprinzip, Zur Kenntnis des — (Zuschr.). S. 638.
- Konservierung, Die neuen Methoden der — saftreicher Futterstoffe. S. 47.
- Konstitutions- und Vererbungslehre (Bespr.) s. a. Entwicklungskurve. S. 43.
- Kontinente, Die Entstehung der — und Ozeane (Bespr.). S. 499.
- Kopernikus, Nikolaus—. S. 356.
- Kopftransplantation an Insekten. S. 967.
- Korrespondenzprinzip, Das — und der Schalenbau des Atoms (H. A. Kramers). S. 550.
- Kosmogonie, Probleme der — (H. Vogt). S. 957.
- Kossel, Albrecht —. Zur Feier seines siebenzigsten Geburtstages am 16. September (Friedrich Müller). S. 785.
- Kraftarten und Bewegungsformen (Bespr.). S. 404.
- Krakatau, Die neue Flora von —. S. 877.
- Krebshaare. S. 46.
- Kreislauf, Die Physiologie des — (Bespr.). S. 910.
- Kriegskost, Die Einwirkung von — auf die Basedowsche Krankheit. S. 188.
- Kries, Johannes v. —. Zu seinem siebenzigsten Geburtstage [6. Oktober 1923] (W. Trendelenburg). S. 817.
- Kristalle und Röntgenstrahlen (Bespr.). S. 998.
- Kristallographie, Die Bedeutung der Schoenflieschen mathematischen Untersuchungen für die — (Paul Niggli). S. 277.
- Kristallographische Formenlehre und Anleitung zu kristallographisch-optischen sowie röntgenographischen Untersuchungen (Bespr.). S. 477.
- Kristallstereochemie, Ansichten zur — (Friedrich Rinne). S. 806.
- Kristallstruktur, Die — des Argons (Zuschr.). S. 1015.
- natürlicher und synthetischer Oxyde von Uran, Thorium und Cerium. S. 452.
- Theorie der — (Bespr.). S. 999.
- Kuckucksforschung, Weiteres von der britischen —. S. 13.
- Kugelhaufen, Die Stellung der — und Spiralnebel. S. 435.
- Kursker Gouvernement, Die Anomalie des Erdmagnetismus und der Gravitation im — (P. Lasareff). S. 705.
- Kurzsichtigkeit, Das Wesen der — im Lichte neuerer Forschungen (W. Clausen). S. 441.
- Kystoskope, Leitfaden zur Behandlung und Bewertung von — und deren Optik (Bespr.). S. 858.
- Lärchenmykorrhiza, Über die —. S. 185.
- Lamarckismus, Eine gemeinverständliche Kritik des Darwinismus und — (Zuschr.). S. 977.
- Lang- und Kurzgriffel, Die Abweichungen vom „mechanischen“ Zahlenverhältnis der — bei heterostylen Pflanzen. S. 876.
- Lebenskunde, Gemeinverständliche Abhandlungen aus dem Gebiete der Wissenschaft vom Leben (Bespr.). S. 679.
- Lebensvorgang, Neues über Reiz und Erregung im —. S. 531.
- Leber, Untersuchungen über die Physiologie der —. S. 943.
- Lens, A large aperture aplanatic — not corrected for colour. S. 892.
- Lepre, Zur Frage der Ausbreitung, Ansteckungsart und Verhütung der —. S. 336.
- Leuchten, Über das — der Flammen (Zuschr.). S. 782, 1013.
- der Milchstraßennebel. S. 506.

- Leuchtkraftfunktion, Die — bei Sternhaufen und Milchstraßenwolken. S. 815.
- Licht, Über den Einfluß des — und der Verdunkelung auf die Papaverschäfte. S. 528.
- Lichtablenkung, Über die Beobachtung der — während der totalen Sonnenfinsternis am 21. September 1922. (E. Freundlich). S. 962.
- Lichter, ungleichfarbige (J. v. Kries) s. a. Stereophotometrisches Verfahren. S. 461.
- Lichtintensität, Über die Bedeutung von — und Wellenlänge für die Assimilation farbiger Algen. S. 831.
- Lichtkrümmung und Lichtwachstumsreaktion. S. 667.
- Lichtquantenhypothese, Elektronenrückstoß bei der Zerstreuung der Röntgenstrahlen und — (Zuschr.). S. 965.
- Lichtsinn und Blumenbesuch des Taubenschwanzes. S. 742.
- Lichtwachstumsreaktion, Lichtkrümmung und —. S. 667.
- Lichtwirkung, Über — auf den Menschen und die Tiere (W. Hausmann). S. 945.
- LiH, Die Struktur des —. S. 162.
- Linienpektren, Über die Quantentheorie der — (Bespr.). S. 254.
- Seriengesetze der — (Bespr.). S. 90.
- Linné, Carl von, Bref och skrivelser af och till — (Bespr.). S. 290.
- Littauen, Beiträge zur Natur- und Kulturgeschichte — und angrenzender Gebiete (Bespr.). S. 498.
- Lötrohrprobierrunde (Bespr.). S. 77.
- Lorentz-Einsteinsche Transformationsgleichungen, Zur Ableitung der — (Zuschr.). S. 1014.
- Ludwig, Karl, Zum Gedächtnis — (J. v. Kries). S. 1.
- Luftfahrt, Entfernungs- und Höhenmessung in der — (Bespr.). S. 404.
- Luftsälpeter (Bespr.). S. 77.
- Luftsauerstoff, Die Rolle des — bei der Abwasserreinigung (Hans Stooft). S. 389.
- Luftschiff, Das — im Dienste des Weltverkehrs und der Wissenschaft. S. 11.
- Luft- und Wasserspalten, Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen von —. S. 184.
- Lumineszenz, Über — bei chemischen Reaktionen (H. Zocher und H. Kautsky). S. 194.
- Lumineszenzerregung durch aktiven Stickstoff (Zuschr.). S. 765.
- Magie, History of — and experimental science (Bespr.). S. 857.
- Magnetfelder, Über den Nachweis magneto-optischer Effekte in schwächsten — (Zuschr.). S. 637.
- Magnetism, Theories of — (Bespr.). S. 385.
- Magnetismus, Einführung in die Theorie der Elektrizität und des — (Bespr.). S. 384.
- Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des — (Bespr.). S. 336.
- Magnetische Aufnahme der Erde, Arbeiten zur — (A. Nippoldt). S. 37.
- Magneto-optische Effekte, Über den Nachweis — in schwächsten Magnetfeldern (Zuschr.). S. 637.
- Makroskopisch-zoologische Übungen, Anleitung zu —. Wirbellose Tiere (Bespr.). S. 636.
- Maße, außergewöhnlich große, Ein Stern von —. S. 209.
- Mathematical theory, The — of relativity (Bespr.). S. 382.
- Mathematik, Denken und Darstellung, Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in — und Naturwissenschaften (Bespr.). S. 824.
- Die Gedankenwelt der — (Bespr.). S. 64.
- und Physik (Bespr.). S. 824.
- Der Gegenstand der — mit besonderer Beziehung auf die Relativitätstheorie (Bespr.). S. 520.
- Mathematiker, Arthur Schoenflies als — (L. Bieberbach). S. 282.
- Mathematische Hilfsmittel, Die — des Physikers (Bespr.). S. 519.
- Physik (Bespr.) s. a. Integralgleichungen. S. 253.
- Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht, Deutscher Ausschuß für den —. S. 133.
- Mauereidechse, Die — als physiologisches Reagens auf Gifte. S. 482.
- Maxwellsche Theorie, Einführung in die — der Elektrizität und des Magnetismus. 2. Auflage (Bespr.). S. 336.
- Mechanik, Allgemeine — (Bespr.). S. 113.
- Das Versagen der — in der Quantentheorie (Zuschr.). S. 725.
- statistische, Grundlagen und Anwendungen der — (Bespr.). S. 478.
- technische, Vorlesungen über — (Bespr.). S. 112.
- Medusen, Untersuchungen über die Sinnesorgane der —. S. 708.
- Meer, Ungeordnete Bewegung und Mischung im — (H. Thorade). S. 1001.
- Meerschweinchen, Eine Untersuchung über die spontane Tätigkeit des —. S. 527.
- Mensch (Bespr.) s. a. Entwicklungskurve. S. 43.
- primitiver, Psychologie des — (Bespr.). S. 431.
- Der —, sein Ursprung und seine Entwicklung in gemeinverständlicher Darstellung (Bespr.). S. 381.
- Menschenrassen, Die Entwicklung der — im Lichte der Hormontheorie. S. 47.
- Merkurperihelverschiebung, Bemerkung zur Theorie der — (Zuschr.). S. 910.
- Messinggegenstände, Das Aufreißen von kaltgereckten —. S. 529.
- Metalle, Die Elektrizität in — (Bespr.). S. 522.
- Rekristallisation von — (Bespr.). S. 413.
- Metallforschung, Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für — Neu-Babelsberg (Bespr.). S. 111.
- Metallkunde, Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für — (W. Fraenkel). S. 938.
- Meteorologische Arbeitsgemeinschaft, Begründung der —. S. 12.
- Meteorologische Gesellschaft, Deutsche — (Berliner Zweigverein): Der phänologische Reichsdienst. S. 208.
- Neue Beiträge zur Zodiakallichtforschung. S. 259.
- Die neueren Anschauungen über Wesen und Aufbau der Zyklonen. S. 358.
- Einfluß von Temperatur und Wind auf die Schallausbreitung. S. 480.
- Seespiegelschwankungen des Toten Meeres und das Klima Palästinas. S. 480.
- Mexico, Geologie von — (Bespr.). S. 406.
- Mikroben, Ultramikroskopische — im Waldboden. S. 696.
- Mikrochemische Methodik, Die Grenzen der — in der Biologie (Hermann Brunswik). S. 881.
- Mikroskopische Bestimmung und Untersuchung (Bespr.) s. a. Erze. S. 111.

- Mikrurgisches Verfahren, Das — (Tibor Péterfi). S. 91.
- Milben, Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen — (Hanna Schulze). S. 763.
- Milchstraße, Beobachtungen der — S. 815.
- Die Verteilung der Sterne verschiedener Spektralklassen in der — S. 292.
- Milchstraßennebel, Die diffusen — S. 164.
- Das Leuchten der — S. 506.
- Milchstraßensystem, Das — S. 139.
- Milchstraßenwolken, Die Leuchtkraftfunktion bei Sternhaufen und — S. 815.
- Mineralprovinzen, Gesteins- und — (Bespr.) S. 796.
- Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt (Bespr.) S. 432.
- Molekülmodelle, Bandenspektren und — (A. Kratzer). S. 577.
- Molekularbewegung, Brownsche, Über objektive Demonstration der — (A. Ehringhaus). S. 42.
- Monophagie, Über die — und Polyphagie der Schmarotzerwespen (Albrecht Hase). S. 801.
- Moore, bühnische, Pollenanalytische Untersuchungen — S. 308.
- Mount Everest-Expeditionen, Die britischen — 1921 und 1922 (Otto Baschin). S. 65.
- M-Sterne, Die scheinbare Verteilung der — S. 1016.
- Müllerei und Bäckerei, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiete der — (Bespr.) S. 291.
- Multipletts im Spektrum des Vanadiums (Zuschr.). S. 779.
- Muskelkontraktion, Über die Bedeutung von Ionen für den Chemismus der — und den Ablauf fermentativer Reaktionen (Gustav Embden). S. 985.
- Mutterkorn, Über — (A. Stoll). S. 697, 720.
- Mutualismus zwischen subterranean Copepoden und Schwefelbakterien. S. 877.
- Mysterium Cosmographicum, Das Weltgeheimnis (Bespr.) S. 1000.
- Nahrungsstoffe, fettlösliche, Über die Bedeutung gewisser — für Wachstum und Erhaltung des tierischen Organismus (Wilhelm Stepp). S. 33.
- Natürliches System, Eine neue Form des — (K. Krause). S. 60.
- Natur, Das Herz der — (Bespr.) S. 497.
- Naturforschende Gesellschaft, Die Danziger — S. 481.
- zu Freiburg i. Br. S. 530.
- Naturwissenschaften, Denken und Darstellung, Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in Mathematik und — (Bespr.) S. 824.
- Beiträge zur Geschichte der — und der Technik (Bespr.) S. 408.
- Einführung in die mathematische Behandlung der — (Bespr.) S. 861.
- Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der — (Bespr.) S. 113.
- Nebel, dunkle, Die Absorption des Sternenlichtes durch — S. 864.
- Nordamerika, Hitzewellen und heiße Winde in — S. 800.
- Nordlicht, Höhe und Lage des — am 22. März 1920 (Carl Störmer). S. 202.
- Das Spektrum des — S. 944.
- Nordlichterscheinungen, Die — und die sich anschließenden Probleme. S. 136.
- Nordlichtstrahlen, Ultraviolette — (Zuschr.) S. 338.
- Nordsee, Ältere und neue Anschauungen über die Strömungen der — (Georg Wüst). S. 199.
- Nordseeküste, Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen — in jungalluvialer Zeit (Bespr.) S. 499.
- Northers und Blizzards, Kältewellen — in Nordamerika. S. 981.
- Norwegische naturwissenschaftliche Institutionen und Publikationen außerhalb der Universität (Hjalmar Brech). S. 1009.
- Notgemeinschaft, Richtlinien für die Tätigkeit des Japanausschusses der — der Deutschen Wissenschaft. S. 31, 210.
- Ohr, Die relative Empfindlichkeit des — S. 15.
- Opalina ranarum, Über den physikalischen Zustand von Plasma und Zelle der — S. 968.
- Optische Erscheinungen, Neuere Beobachtungen über den Zusammenhang elektrischer und — (B. Gudden und R. Pohl). S. 348.
- Instrumente, Die Photometrie von — S. 504.
- Die Theorie der modernen — (Bespr.) S. 999.
- Systeme, Interferenzmethode zur Prüfung — (E. Bratke und E. Waetzmann). S. 225.
- Optisches Glas, Zur Geschichte des — (Zuschr.) S. 159.
- Orchideen, Periodische Blütenbildung bei — S. 877.
- Organbildung, Gefäßbaum und — S. 114.
- Organisch, Philosophie des — (Bespr.) S. 203.
- Organische Welt, Über umkehrbare Prozesse in der — (Bespr.) S. 979.
- Organismus (Franz Weidenreich) s. a. Totes. S. 485.
- tierischer, Methoden zur Erforschung der Leistung des — (Bespr.) S. 11.
- Organist (Paul Weiß) s. a. Urodelenextremität. S. 669.
- Origin, The — of Spectra (Bespr.) S. 334.
- Ornithologische Gesellschaft, Deutsche — S. 387.
- Osmotischer Wert, Regulation des — in den Schließzellen von Luft- und Wasserspalten. S. 184.
- Ostalpen, Alte Züge im Landschaftsbilde der — S. 257.
- Ostpreußen, Vegetationsstudien in den Wäldern — (Fr. Markeraf). S. 268.
- Ost-Tibet auf Grund eigener Reisen. S. 93.
- Ostwald, Wilhelm — zum siebenzigsten Geburtstag (H. Freundlich). S. 731.
- Arbeiten in der chemischen Verwandtschaftslehre (Svante A. Arrhenius). S. 729.
- Oxalis, Der Mechanismus der Samenauskleidung von — S. 695.
- Oxyde, Die Kristallstruktur natürlicher und synthetischer — von Uran, Thorium und Cerium. S. 452.
- Ozeane, Die Entstehung der Kontinente und — (Bespr.) S. 499.
- Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die ultraviolette Sonnenstrahlung (R. Dietzius). S. 808.
- Paläobotanik (Bespr.) S. 157.
- Palästina, Seespiegelschwankungen des Toten Meeres und das Klima — S. 480.
- Papaverschäfte, Über den Einfluß des Lichts und der Verdunkelung auf die — S. 528.
- Parabiosfrage, Zur — S. 665.
- Parallaxbestimmungen, Neue photographische — mit dem 100-Zoll-Spiegel am Mt. Wilson. S. 751.
- Parallaxen, Spektroskopische — der A-Sterne. S. 140.
- der Sterne vom Spektraltypus A. S. 505.
- Paramaecium, Über die Geotaxis von — S. 694.

- Paramagnetismus und Quantentheorie. S. 890.
 Pathologie, Ist die moderne — noch Zellulärpathologie? (W. Hueck). S. 111.
 Pepsin, Ist die Hydrolyse der Eiweißkörper durch — und Trypsin als homogene Reaktion aufzufassen (John H. Northrop). S. 713.
 Peronosporakrankheit, Biologische Untersuchungen über die —. S. 727.
 Petrographie, Grundlagen der physikalisch-chemischen — (Bespr.). S. 449.
 Petroleumgeologie, Erdöllagerstätten. Grundlagen der — (Bespr.). S. 105.
 Pfahl, Die Tiefengesteine des Bayrischen Waldes und der —. S. 113.
 Pflanzen, Zellenlehre und Anatomie der — (Besprechung). S. 157.
 Pflanzenfamilien, Über Stammbäume von — (Hugo de Vries). S. 137.
 Pflanzengeographie, Die statistische Methode in der — (Hugo de Vries). S. 189.
 Pflanzenkulturversuche mit künstlichem Licht. S. 48.
 Pflanzenleben der Alpen (Bespr.). S. 430.
 Pflanzenreich, Das — (Bespr.). S. 158.
 — Reizgröße und Reizreaktion im — (Felix Ratwitscher). S. 491.
 — Die Stämme des — (Bespr.). S. 157.
 Pflanzenwelt, Die — (Bespr.). S. 158.
 — Die — der bolivischen Anden und ihres östlichen Vorlandes (Bespr.). S. 781.
 Phänologischer Reichsdienst. S. 208.
 Pharmazeutische Chemie (Bespr.). S. 77.
 Philosophie, Geschichte des Kausalproblems in der neueren — (Bespr.). S. 205.
 — des Organischen (Bespr.). S. 203.
 Philosophische Probleme, Die — der Einsteinschen Relativitätstheorie (Bespr.). S. 30.
 Phosphoreszenzbeobachtung am Röntgenschirm (Zuschrift). S. 340.
 Phosphorsäure, Einiges über die physiologische Bedeutung der — (Fritz Laquer). S. 300.
 Photographie, Kolloidchemie und — (Bespr.). S. 151.
 Photometrie von optischen Instrumenten. S. 504.
 Phototrope Bewegungen, Untersuchungen über den Mechanismus der —. S. 830.
 Phototropismus, Studien über den — der Pflanzen. S. 183.
 — Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes beim — der Pflanzen (Zuschr.). S. 656.
 Physiologenkongreß, Der internationale — in Edinburgh (Hans Winterstein). S. 940.
 Physiologie, Grundriß der — für Studierende und Ärzte (Bespr.). S. 656.
 — des Kreislaufs (Bespr.). S. 910.
 Physik, deutsche, Die gegenwärtige Krisis in der — (Bespr.). S. 29.
 — Goethe und die — (Bespr.). S. 928.
 — Lehrbuch der — (Bespr.). S. 30.
 — Lehrbuch der praktischen — (Bespr.). S. 177.
 — Mathematik und — (Bespr.). S. 824.
 — mathematische (Bespr.) s. a. Integralgleichungen. S. 253.
 — s. a. Relativitätstheorie. S. 230.
 Physikalisch-chemische Technik, Handbuch der — (Bespr.). S. 812.
 Physikalische Chemie, Einführung in die — (Besprechung). S. 254.
 — Rundblicke (Bespr.). S. 336.
 Physikochemische Probleme der Protoplasmaforschung (Friedrich Czapek †). S. 237.
 Pickeringserie, Die — in den Spektren der O-Sterne. S. 436.
 Pilze und Flechten (Bespr.). S. 157.
 Planeten, Die kleinen —. S. 712.
 Plasma, Über den physikalischen Zustand von — und Zelle der *Opalina ranarum*. S. 968.
 Platinenschen, In der Heimat des — (Bespr.). S. 15.
 Pollenanalytische Untersuchungen böhmischer Moore. S. 308.
 Polyphagie, Über die Monophagie und der Schmarotzerwespen (Albrecht Hase). S. 801.
 Präparative Chemie, Handbuch der — (Bespr.). S. 252.
 Prodromus Crystallographiae (Bespr.). S. 254.
 Projektion der geologischen Karte (Max Eckert). S. 792.
 Protoplasmaforschung, Physikochemische Probleme der — (Friedrich Czapek †). S. 237.
 Protozoen, parasitische, Die wichtigsten — des Menschen und der Haustiere (Bespr.). S. 482.
 Pseudofovea. S. 844.
 Pseudo-Hochvakuum (Paul Knipping). S. 756.
 Psychologie des primitiven Menschen (Bespr.). S. 131.
 Pulswelle, Die Geschwindigkeit der — des Menschen. S. 487.
 Quallen, Die wurzelmündigen — der Südsee. S. 361.
 Quantentheorie (P. Ehrenfest) s. a. Adiabatische Transformationen. S. 543.
 — Zur — der Dispersion (Zuschr.). S. 873.
 — Über die — der Linienspektren (Bespr.). S. 254.
 — Das Versagen der Mechanik in der — (Zuschr.). S. 725.
 — Paramagnetismus und —. S. 891.
 — und Störungsrechnung (Max Born). S. 537.
 Quellung, Über die — der Gelatine in Säuren (Zuschrift). S. 523.
 Quetschen, Frühlreiben durch —. S. 878.
 Radioaktive Methoden, Was vermögen die — der Altersbestimmung von Mineralien heute zu leisten (Gerhard Kirsch). S. 372.
 Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen (Bespr.). S. 255.
 — Lehrbuch der — (Bespr.). S. 859.
 Radium, Das — und die Radioaktivität (Bespr.). S. 77.
 Radiumbestrahlung, Über den Einfluß von — auf Antirhinum. S. 308.
 Radiumvorkommen, Die Ausbeutung neuer —. S. 79.
 Räder, rotierende, Der Einfluß der Achsendrehung der Erde auf — (Otto Baschin). S. 1011.
 Ranunkelöl und Anemonin. S. 502.
 Raum, Die realistische Weltansicht und die Lehre vom — (Bespr.). S. 824.
 — Zeit und Schwere (Bespr.). S. 826.
 Raumbegriff, Zur Auffassung des — (Zuschr.). S. 814.
 Raumfrage, Ein Vorschlag zur — (Zuschr.). S. 725.
 Reaktionsregulation, Atmungsregulation und — (Hans Winterstein). S. 625, 644.
 Refractive indices, A method of measuring small differences of the —. S. 893.
 Regenwurm, Galvanotaxis beim —. S. 829.
 Reichsdienst, Der phänologische —. S. 208.

- Reiz, geotropischer, Die Leitung des — bei Wurzeln. S. 832.
 — Neues über — und Erregung im Lebensvorgang, S. 531.
 Reizgröße und Reizreaktion im Pflanzenreich (Felix Rawitscher). S. 491.
 Reizphysiologie der Fucusspermatozoiden. S. 832.
 Rekristallisation und Diffusion. S. 233.
 — von Metallen (G. Masing). S. 413.
 Relativitätstheorie, Die — (Bespr.). S. 937.
 — Zur Prüfung der allgemeinen — an der Beobachtung. S. 316.
 — Einsteins spezielle — eine Komödie der Irrungen (Bespr.). S. 937.
 — Grundzüge der Einsteinschen — (Bespr.). S. 231.
 — Einsteinsche, Die philosophischen Probleme der — (Bespr.). S. 30.
 — und Erkenntnislehre (Bespr.). S. 827.
 — Beitrag zur Geschichte der —. S. 135.
 — Der Gegenstand der Mathematik mit besonderer Beziehung auf die — (Bespr.). S. 520.
 — Die — vom Standpunkte der Physik und Erkenntnistheorie (Bespr.). S. 230.
 — Vorlesungen zur Einführung in die — (Bespr.). S. 231.
 Resonanz, elektrische, Untersuchungen über — (Besprechung). S. 1000.
 Resonanzfluoreszenz, Über den Zeemaneffekt bei der — (Zuschr.). S. 690.
 Rockefeller Foundation, Hilfsausschuß der —. S. 211.
 Röntgenbilder, stereoskopische, Über den Grad der Genauigkeit von Messungen an — nach der Methode von Hasselwander. S. 236.
 Röntgenröhren, Die physikalischen Grundlagen des Betriebes von — mit Induktorium (Bespr.). S. 522.
 Röntgenschirm, Eine Phosphoreszenzbeobachtung am — (Zuschr.). S. 340.
 Röntgenspektren und Bohrsche Atomtheorie (D. Coster). S. 567.
 Röntgenstrahlen, Die — (Bespr.). S. 937.
 — Elektronenrückstoß bei der Zerstreuung der — und Lichtquantenhypothese (Zuschr.). S. 965.
 — Kristalle und — (Bespr.). S. 998.
 — Die Beugung von — in Flüssigkeiten. S. 162.
 — Die Totalreflexion der —. S. 890.
 — (Hans Küstner) s. a. Streustrahlung. S. 97.
 Rohstofflehre, Grundriß der botanischen — (Bespr.). S. 452.
 Ruthsspeicher, Der — (H. Treitel). S. 106.
 Sachsen, Die Siebenbürger —. S. 940.
 Säugetier, Über die Entdeckung eines neuen riesigen — im unteren Miozän Asiens (Othenio Abel). S. 284.
 Säuglinge, Die Ursachen der Übersterblichkeit männlicher —. S. 531.
 Sahara, Neuere Forschungen in der —. S. 530.
 Salzlager, Bildung der —. S. 364.
 Samenauscheidung, Der Mechanismus der — von Oxalis. S. 695.
 Sauerampfer (*Rumex Acetosa*), Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim —. S. 308.
 Schallausbreitung, Einfluß von Temperatur und Wind auf die —. S. 480.
 Schallquellen, Über die Lokalisation von — (Zuschrift). S. 337.
 Scheinbewegungen. S. 845.
 Schellfisch, Der — auf den Heringslaichplätzen. S. 766.
 Schlaf, Wesen und Erscheinungen des —. S. 530.
 Schließzellen, Regulation des osmotischen Wertes in den — von Luft- und Wasserspalten. S. 184.
 Schmarotzerwespen, Über die Monophagie und Polyphagie der — (Albrecht Hase). S. 801.
 Schoenflies, Arthur — als Mathematiker (L. Bieberbach). S. 282.
 Schoenfliesche mathematische Untersuchungen, Die Bedeutung der — für die Kristallographie (Paul Niggli). S. 277.
 Schopenhauer (Bespr.) s. a. Goethe. S. 180.
 Schwefelbakterien, Ein Mutualismus zwischen subterranean Copepoden und —. S. 877.
 Schweiz, Geologie der — (Bespr.). S. 430.
 Schwere, Raum, Zeit und — (Bespr.). S. 826.
 Schwerewage, Eötvösche, Über die Leistungen der —. S. 80.
 Schwerewagenmessungen, Vorläufige Ergebnisse aus den — in der Ebene östlich von Zillingdorf. S. 80.
 Schwingungsdifferenz, Über die — der Linien des Dublets (Zuschr.). S. 434.
 Schwingungslehre, Technische — (Bespr.). S. 403.
 Seeigel, Geotaxis bei dem — *Centrechinus*. S. 695.
 Seelenleben, Vererbung und — (Bespr.). S. 979.
 Seespiegelschwankungen des Toten Meeres und das Klima Palästinas. S. 480.
 Segelflug, Die meteorologischen Bedingungen für den — (Kurt Wegener). S. 4.
 Sehrichtung, Hintereinander auf derselben —. S. 843.
 Seismologie (E. Tams) s. a. Erdbebenforschung. S. 49.
 Selaginella, Über den tagesperiodischen Farbwechsel von —. S. 696.
 Sepik, Im Stromgebiet des — (Bespr.). S. 498.
 Seriengesetze der Linienspektren (Bespr.). S. 90.
 Siebenbürger Sachsen. S. 940.
 Sinnesorgane, Untersuchungen über die — der Medusen. S. 708.
 Sinnesphysiologie, Allgemeine — (Bespr.). S. 748.
 Sn-Einkristalldrähte, Untersuchungen an — (Zuschrift). S. 256.
 Sonnenfinsternis, Zur Kenntnis der historischen —. S. 508.
 — (E. Freundlich) s. a. Lichtablenkung. S. 962.
 Sonnenflecke, Unsichtbare —. S. 140.
 Sonnenschein, Der — in Deutschland. S. 137.
 Sonnenstrahlung, Die Hilfsmittel zur Messung der — (R. Dietz). S. 246.
 — ultraviolette, Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die — (R. Dietz). S. 808.
 Spaltöffnungen, Über den Einfluß des Welkens auf die Regulierung der —. S. 832.
 Spaltöffnungsbewegung, Enzymatische Regulation der — (Friedl Weber). S. 309.
 Spectra, The theory of — and atomic constitution (Bespr.). S. 336.
 — The Origin of — (Bespr.). S. 334.
 Spektrallinien, Analyse der Feinstruktur der —. S. 846.
 — Über die Anregung von — durch Elektronenstoß (Zuschr.). S. 778.
 — Verbreiterung von —. S. 847.
 Spektroskopische Parallaxen der A-Sterne. S. 140.
 — Die — des Harvard College Observatory. S. 105.
 — — der Sterne vom Spektraltypus A. S. 505.

- Spinnen, Aus dem Geschlechtsleben der — (Ulrich Gerhardt). S. 849.
- Neue morphologische und biologische Untersuchungen an — (Zuschr.). S. 912.
- Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten verschiedener —. S. 829.
- Spiralnebel, Innere Bewegung in —. S. 507.
- Untersuchungen über die Bewegung in —. S. 210.
- Entfernung des — M 33. S. 507.
- Die Stellung der Kugelhauten und —. S. 135.
- Sprache, Über die — der Bienen. S. 18.
- Sprechlernen, Vom — der Papageien (Fritz Braun). S. 511.
- S-Sterne, Zirkonbanden in Spektren der —. S. 861.
- Stammbäume, Über — von Pflanzenfamilien (Hugo de Vries). S. 137.
- Statistische Mechanik, Grundlagen und Anwendungen der — (Bespr.). S. 478.
- Methode, Die — in der Pflanzengeographie (Hugo de Vries). S. 189.
- Staubnebel, kosmische, Sternbegegnungen mit —. S. 456.
- Stereophotometrisches Verfahren, Über das — zur Helligkeitsvergleichung ungleichfarbiger Lichter (J. v. Kries). S. 461.
- Stern, Ein — von außergewöhnlich großer Masse. S. 209.
- Sternatlas (Bespr.). S. 409.
- Sterne, veränderliche, Einführung in das Studium der — (Bespr.). S. 386.
- Sternbegegnungen mit kosmischen Staubböden. S. 456.
- Sternenlicht, Die Absorption des — durch dunkle Nebel. S. 864.
- Sterngeschwindigkeiten, Die Verteilungsfunktion der —. S. 816.
- Sternhaufen, Die charakteristischen Eigenschaften der —. S. 15.
- kugelförmige, Die Entfernung der —. S. 138.
- — Die Nachforschung nach —. S. 209.
- — mit langperiodischen Veränderlichen. S. 508.
- Die Leuchtkraftfunktion bei — und Milchstraßenwolken. S. 815.
- Offene. S. 163.
- Sterntemperaturen. S. 879.
- Steuerung, Über — von Funktionen im Tierkörper (O. Loewi). S. 117.
- Stickstoff, aktiver, Lumineszenzerregung durch — (Zuschr.). S. 765.
- Stimmgabeln, Zusammenklang Königscher —. S. 362.
- Störungsrechnung, Quantentheorie und — (Max Born). S. 537.
- Stoffwechsel, Der — im Hunger und bei Unterernährung. S. 187.
- und Temperatur (Hermann Freund). S. 787.
- Strahlenpilze, Bakterien und — (Bespr.). S. 181.
- Streustrahlung, Die — bei der diagnostischen und therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen (Hans Küstner). S. 97.
- Subelektronen, Was ist die Ursache für das scheinbare Auftreten von — an submikroskopischen Teilchen (E. Regener). S. 17.
- Südamerika, Geographisches aus —. S. 155.
- Südkarpathen, Die Durchbruchstäler der —. S. 257.
- Südsee, Die wurzelmündigen Quallen der —. S. 361.
- Reisebilder aus der —. S. 358.
- Synthetische Methoden, Spezielle analytische und — (Bespr.). S. 205.
- System, natürliches, Eine neue Form des — (K. Krause). S. 60.
- Tabakrauch, Kohlenoxyd im —. S. 138.
- Taubenschwanz, Lichtsinn und Blumenbesuch des —. S. 712.
- Technik, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der — (Bespr.). S. 408.
- Technische Geologie (Bespr.). S. 107.
- Tektonische Bewegungen der Erdkruste (Otto Beschin) s. a. **Erdrotation**. S. 57.
- Wissenschaftlich-technisches Reichsamt, Aufgaben und Tätigkeit des — (H. Brautwein). S. 316.
- Telegraphie, drahtlose, Gleichzeitige atmosphärische Störungen in der —. S. 799.
- Teleologie, Kunst und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie (Bespr.). S. 975.
- Temperatur, Stoffwechsel und — (Hermann Freund). S. 787.
- Die Veränderlichkeit der — aufeinanderfolgender Monate und die periodischen Schwankungen der Jahrestemperatur in Deutschland (Bespr.). S. 131.
- Termiten, Das Ambrosiapilz der —. S. 876.
- Tibetwerk, Sven Hedin's —. S. 745.
- Tiefengebeine, 196 — des Bayrischen Waldes und der Pfahl. S. 113.
- Tiefseelotungen, Die ersten akustischen — (Georg Wüst). S. 286.
- Tiergeographie, Über einige Probleme der marinen — (Hjalmar Broch). S. 659.
- Tierphysiologie, Elemente der — (Bespr.). S. 909.
- Tierpsychologie (Bespr.). S. 305.
- Tierreich, Geschlecht und Geschlechter im — (Besprechung). S. 399.
- Töne, Die feuerfesten — und Rohstoffe, sowie deren Verwendung in der Industrie feuerfester Erzeugnisse (Bespr.). S. 861.
- Totalreflexion der Röntgenstrahlen. S. 890.
- Totes Meer, Seespiegelschwankungen des — und das Klima Palästinas. S. 180.
- Totes, organisierte, Die Verwendung von — im Aufbau des lebendigen Organismus und ihre theoretische und tatsächliche Basis (Franz Weidenreich). S. 185.
- Transformationsgleichungen, Zur Ableitung der Lorentz-Einsteinschen — (Zuschr.). S. 1014.
- Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen. S. 726.
- Trophische Innervation. S. 188.
- Trypsin (John H. Northrop) s. a. **Pepsin**. S. 713.
- Tuberkulosematerial, Über neue im Veterinärinstitut der Universität Leipzig und im Reichsgesundheitsamte durchgeführte Passagerversuche mit vom Menschen stammendem —. S. 115.
- Überempfindlichkeitskrankheiten (W. Storm van Leeuwen). S. 660.
- Übersterblichkeit, Die Ursachen der — männlicher Säuglinge. S. 531.
- Ultraviolett, Das Spektrum des Heliums im extremen —. S. 321.
- Ultraviolette Nordlichtstrahlen (Zuschr.). S. 338.
- Ungarn, Die ethnographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse —. S. 479.
- Universitätssternwarte, Mitteilungen der — Innsbruck. S. 727.
- Unmeßbarkeits, Über die Bedeutung der Physik des — für die physikalische Forschung (Erwin Freundlich). S. 399.
- Unterernährung, Der Stoffwechsel im Hunger und bei —. S. 187.

- Unterkühlung, Beeinflussung der — durch Deformation. S. 234.
 Unterricht, mathematischer und naturwissenschaftlicher, Deutscher Ausschuß für den —. S. 133.
 Uräther, Über Äther und — (Bespr.). S. 228.
 Urodelenextremität, Die Regeneration der — als Selbstdifferenzierung des Organrestes (Paul Weiß). S. 669.
 Vanadium, Multipletts im Spektrum des — (Zuschrift). S. 779.
 Vegetationsstudien in den Wäldern Ostpreußens (Fr. Markgraf). S. 268.
 Vehnemoor, Das — in Oldenburg, eine sterbende Naturlandschaft (B. Brandt). S. 677.
 Vektoranalysis in ihren Grundzügen und wichtigsten physikalischen Anwendungen (Bespr.). S. 519.
 Verbleichen, Über das — der Farben (P. Kraus). S. 243.
 Verdauung, Über die — von Hydra. S. 966.
 Verdunkelung, Über den Einfluß des Lichts und der — auf die Papaverschäfte. S. 528.
 Vereinigte Staaten, Die moderne Insektenbekämpfung in den —. S. 691.
 Vererbung und Fertilität bei Heterostylie. S. 876.
 — Geschlechtsgebundenheit und geschlechtsbegrenzte — bei Fischen (Theo J. Stomps). S. 426.
 — und Seelenleben (Bespr.). S. 979.
 Vererbungslehre (Bespr.) s. a. Entwicklungskurve. S. 43.
 — Die experimentelle — (J. Herz). S. 833.
 Vererbungsrichtung, Über den Einfluß des Keimzellenalters auf die —. S. 768.
 Vererbungswissenschaft, Einführung in die — (Besprechung). S. 636, 996.
 Vermessung, Kleine Werke über — und Kartenkunde (Bespr.). S. 499.
 Vermessungswesen der Marine. S. 357.
 Verwandtschaftslehre, chemische, Ostwalds Arbeiten in der — (Svante A. Arrhenius). S. 729.
 Vestgrönland, Expeditionen til — Sommeren 1922. S. 982.
 Vitalismus, Geschichte des — (Bespr.). S. 180.
 Vitamine, Die — (Bespr.). S. 63.
 Vögel, Eine neue Arbeit über den Gesang der — (Fritz Braun). S. 354.
 — Über die Aufgabe des Gesanges im Leben der — (Fritz Braun). S. 1006.
 Vogel, Das Verhältnis der Eigroße zur Körpergröße des — (Zuschr.). S. 158.
 Vogellied, Von der Wandelbarkeit des — (Fritz Braun). S. 854.
 Vogelwelt, Die deutsche — nach ihrem Standort (Besprechung). S. 291.
 — Führer durch unsere — (Bespr.). S. 304.
 Vokallehre, Beiträge zur — (Bespr.). S. 206.
 Volkskunde, Unsere Heilpflanzen und ihre Stellung in der — (Bespr.). S. 154.
 Vorstellungsveränderung. S. 843.
 Wachstum, Über — (E. Stettner). S. 221.
 Wachstumsregistrierung, Eine neue Methode der —. S. 184.
 Wälder, Vegetationsstudien in den — Ostpreußens (Fr. Markgraf). S. 268.
 Wärme, Die Lehre von der — (Bespr.). S. 30.
 Wasserbilanz, Die — in Nährlösung, Salzlösung und Hochmoorwasser. S. 799.
 Wasserdampf, Feuerlöschen durch —. S. 364.
 Wasserökologie, Transpiration und — nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen. S. 726.
 Wasserstoff-Emissionslinien in B-Spektren. S. 292.
 Wasserstoffionenkonzentration, Die — (Bespr.). S. 75.
 Weather Prediction by Numerical Process (Bespr.). S. 274.
 Webersches Gesetz, Über die Gültigkeit des — beim Phototropismus der Pflanzen (Zuschr.). S. 656.
 Wein, Der — (Bespr.). S. 132.
 — Obst- und Gartenbau, Festschrift zum 50jährigen Jubiläum der Höheren Staatlichen Lehranstalt für — zu Geisenheim a. Rh. (Bespr.). S. 132.
 Welken, Über den Einfluß des — auf die Regulierung der Spaltöffnungen. S. 832.
 Wellenlänge, Über die Bedeutung von Lichtintensität und — für die Assimilation farbiger Algen. S. 831.
 Weltansicht, Die realistische — und die Lehre vom Raume (Bespr.). S. 824.
 Weltgeheimnis, Das —. Mysterium Cosmographicum (Bespr.). S. 1000.
 Wettstein-Westersheim, Richard —. Zu seinem sechzigsten Geburtstag (C. Correns). S. 509.
 Winde, heiße, Hitzewellen und — in Nordamerika. S. 800.
 Winterregen in Deutsch-Südwest-Afrika. (Besprechung). S. 129.
 Wirbellose Tiere (Bespr.). S. 636.
 Wirbeltiere, Über die Entwicklung des Achsen skeletts der — (Bespr.). S. 380.
 — Die Entstehung der —. S. 693.
 Wirklichkeit, Die physikalische — (Zuschr.). S. 828.
 Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege (Fritz Haber). S. 753.
 Wurzeln, Die Leitung des geotropischen Reizes bei —. S. 832.
 Wurzelspitzen, Kulturversuche mit isolierten —. S. 186.
 Xerophyten, Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die — der Xerophyten. S. 710.
 Zeemaneffekt, Über den — bei der Resonanzfluoreszenz (Zuschr.). S. 690.
 Zeit, Raum, — und Schwere (Bespr.). S. 826.
 Zeitsignale, Die funkentelegraphischen —. S. 728.
 — Bemerkungen zur Aufnahme von funkentelegraphischen —. S. 878, 1015.
 Zelle und Cytoplasma (Bespr.). S. 750.
 — Die —; Morphologie und Vermehrung (Bespr.). S. 157.
 — Über den physikalischen Zustand von Plasma und — der Opalina ranarum. S. 968.
 Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen (Bespr.). S. 157.
 Zellulärpathologie, Ist die moderne Pathologie noch —? (W. Hueck). S. 141.
 Zirkonbanden in Spektren der S-Sterne. S. 864.
 Zodiakallichtforschung, Neue Beiträge zur —. S. 259.
 Zoologie, Allgemeine — und Abstammungslehre (Bespr.). S. 635.
 — — Grundriß der — für Studierende (Bespr.). S. 636.
 Zwergwels, Ein —, der kommt, wenn man ihn pfeift. S. 967.
 Zwillinge, Über einige —. S. 530.
 Zyklonen, Die neueren Anschauungen über Wesen und Aufbau der —. S. 359.

Zum Vertrieb wurde mir übergeben:

CARL FRIEDRICH GAUSS WERKE

Herausgegeben von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen

Band I. **Disquisitiones arithmeticae.** Zweiter Abdruck. 478 S. gr. 4^o 1870
geb. 48 Goldmark/15,60 Dollar

Band II. **Höhere Arithmetik.** Zweiter Abdruck. 528 S. gr. 4^o 1876 geb. 53 Goldm. 17,20 Dollar

Nachtrag zum ersten Abdruck des zweiten Bandes. 33 S. gr. 4^o 1876 geb. 3,80 Goldm./120 Dollar

Band III. **Analysis.** Zweiter Abdruck. 499 S. gr. 4^o 1876 geb. 50 Goldmark 16,25 Dollar

Band IV. **Wahrscheinlichkeitsrechnung und Geometrie.** Zweiter Abdruck. 492 S. gr. 4^o 1880 geb. 50 Goldmark 16,25 Dollar

Band V. **Mathematische Physik.** Zweiter Abdruck. 642 S. gr. 4^o 1877 geb. 64 Goldmark/21 Dollar

Band VI. **Astronomische Abhandlungen und Aufsätze.** 664 S. gr. 4^o 1874 geb. 69 Goldmark/22,40 Dollar

Band VII. **Theoretische Astronomie** 650 S. gr. 4^o 1906 geb. 65 Goldmark/21,20 Dollar

Band VIII. **Arithmetik, Analysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Geometrie.** (Nachträge zu Band I—IV.) 458 S. gr. 4^o 1900 geb. 46 Goldmark/15 Dollar

Band IX. **Geodäsie.** (Fortsetzung von Band IV.) 528 S. gr. 4^o 1903 geb. 53 Goldm./17,20 Dollar

Band X. Abteilung I **Nachlaß u. Briefwechsel zur reinen Mathematik.** (Nachträge zu Band I—IV und VIII.) 586 S. und einer photographischen Nachbildung des Tagebuchs gr. 4^o 1917 geb. 59 Goldmark/19,20 Dollar

Abteilung 2. Abhandlung I und V. **Über Gauss' zahlentheoretische Arbeiten** von Paul Bachmann — **Gauss und die Variationsrechnung** von Oscar Bolza. 74 und 95 S. gr. 4^o 1922 geb. 17 Goldmark/5,50 Dollar

Abteilung 2. Abhandlung IV. **Gauss als Geometer** von Paul Stäckel. 123 S. gr. 4^o 1923 12,50 Goldmark/4 Dollar

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung

Nachbildung des Tagebuchs (Notizenjournale) 1796—1814 1,20 Goldmark/0,40 Dollar

Materialien

für eine wissenschaftliche Biographie von Gauss

Gesammelt von F. Klein, M. Brendel und L. Schlesinger

Heft 1. **Über Gauss' zahlentheoretische Arbeiten.** Von P. Bachmann in Weimar (III, 54 S.) gr. 8^o 1911 2,80 Goldmark/1 Dollar

Heft 2/3. **C. F. Gauss' Fragmente zur Theorie des arithmetisch-geometrischen Mittels aus den Jahren 1797-1799 — Ueber Gauss' Arbeiten zur Funktionentheorie.** Von L. Schlesinger in Gießen. (IV, 34 u. 143 S.) gr. 8^o 1912 9 Goldmark/2,90 Dollar

Heft 4, 5. **C. F. Gauss als Zahlenrechner.** Von A. Galle in Potsdam — **C. F. Gauss als Geometer.** Von P. Stäckel in Heidelberg. (IV, 142 S.) gr. 8^o 1918 7,20 Goldmark/2,40 Dollar

Heft 6. **Die Wechselwirkung zwischen Zah-**

lenrechnen und Zahlentheorie bei C. F. Gauss. Von Ph. Maennchen in Gießen. (IV, 47 S.) gr. 8^o 1918 2,40 Goldm./0,85 Dollar

Heft 7. **Über die astronomischen Arbeiten von Gauss.** Von M. Brendel in Frankfurt a.M. Erster Abschnitt: Theoretische Astronomie. (IV, 106 S.) gr. 8^o 1919 5,60 Goldmark/1,80 Dollar

Heft 8. **Zahlbegriff und Algebra bei Gauss.** Von A. Fraenkel in Marburg a. d. Lahn. Mit einem Anhang von A. Ostrowski in Göttingen. Zum ersten und vierten Gauss'schen Beweise des Fundamentalsatzes der Algebra. (II, 59 S.) gr. 8^o 1920 3 Goldmark/1 Dollar

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK

HERAUSGEGEBEN VON DER
DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT
ALS ERGÄNZUNG ZU IHREN „VERHANDLUNGEN“
UNTER DER REDAKTION VON
KARL SCHEEL

Band 19

Erstes Heft:

(Ausgegeben am 31. Oktober 1923)

- Rudolf Suhrmann, Über die Beeinflussung des Widerstandes im Vakuum geglühter Platinfolien durch Entgasung und Strukturänderung. (Nach gemeinsam mit Richard Fleischer im Dresdener Physikalischen Institut ausgeführten Versuchen.) Mit sechs Abbildungen.
- Helmuth Kulenkampff, Die Wellenlänge gestreuter Röntgenstrahlen. (Vorläuf. Mitteilung.)
- E. Podszus, Der positive Krater. Mit einer Abbildung.
- N. Semennoff, Einige Bemerkungen über die Messungen von Resonanz- und Ionisationsspannungen.
- G. Hertz, Über Trennung von Gasgemischen durch Diffusion in einem strömenden Gase. Mit fünf Abbildungen.
- Franz Riedinger, Gravitation und Trägheit.
- N. v. Raschevsky, Die allgemein Kovarianten elektromagnetischen Feldgleichungen, interpretiert vom Standpunkte des absoluten Raumes und der universellen Zeit.
- Gregor Wentzel, Zur Rydbergschen Termformel und über einen von ihr abweichenden Serientypus. Mit fünf Abbildungen.
- E. Gehrcke, Bemerkung über den „Sama-Zustand“.

Zweites Heft:

(Ausgegeben am 9. November 1923)

- L. Nordheim, Zur Quantentheorie des Wasserstoffmoleküls. Mit drei Abbildungen.
- R. Schachenmeier, Kristallinterferenzen in spektral zerlegtem Röntgenlicht und ihre Verwendung zur Bestimmung des Kristallgitters. Mit sieben Abbildungen.
- A. Landé, Termstruktur und Zeemaneffekt der Multipletts. Zweite Mitteilung.
- A. Rüttenauer, Über die Kathodentemperatur in der Glimmentladung der Edelgase. Mit zwei Abbildungen.
- Karl Fehrle, Über die quantitative Beziehung zwischen der sprungweisen Änderung der Atome und den harmonischen Komponenten ihrer Massenänderung. Mit einer Abbildung.
- N. Semennoff und Anton Walther, Über eine Methode der Erforschung von elektrischen Wechselfeldern. Mit zwei Abbildungen.

Drittes Heft:

(Ausgegeben am 15. November 1923)

- H. G. Grimm und K. F. Herzfeld, Die chemische Valenz der Metalle als Energiefrage. Mit fünf Abbildungen.
- Martin Rössiger, Über die Verteilung der Austrittsgeschwindigkeiten von Glühlektronen aus Erdalkalioxyden. Mit elf Abbildungen.

Alexander Walther und Lydie Inge, Elektrostatistische Felder von Netzen und Diaphragmen. Mit acht Abbildungen.

H. Ebert, Über die Sauggeschwindigkeit einiger Hochvakuumumpen. (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.) Mit einer Abbildung.

E. Császár, Eine Bemerkung zur Theorie der spezifischen Wärme. Mit zwei Abbildungen.

Berichtigung.

Viertes Heft:

(Ausgegeben am 26. November 1923)

- A. Sommerfeld, Zur Theorie des Magnetons. Mit zwei Abbildungen.
- R. Seeliger und G. Mierdel, Über mehrfache Glimmlichter (Aureolen). Mit zwei Abbildungen.
- P. Ehrenfest, Kann die Bewegung eines Systems von s Freiheitsgraden mehr als $(2s-1)$ -fach-periodisch sein?
- Kurt Heegner, Über das Auftreten von Schwebungen bei rückgekoppelten Schwingungen. II. Mit 21 Abbildungen.
- Mia Toussaint, Struktur- und Intensitätsänderungen im Bandenspektrum durch molekulare Einwirkung. Mit 26 Abbildungen.

Fünftes und sechstes Heft:

(Ausgegeben am 8. Dezember 1923)

- A. Einstein und P. Ehrenfest, Zur Quantentheorie des Strahlungsgleichgewichts.
- Lise Meitner, Über eine mögliche Deutung des kontinuierlichen β -Strahlenspektrums.
- A. Günther-Schulze, Die Stromdichte des normalen Kathodenfalles. (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.) Mit zehn Abbildungen.
- W. Kossel, Über die Ergiebigkeit der Röntgenfluoreszenz und die Frage des Intensitätsvergleichs an Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge. Mit vier Abbildungen.
- Georg Joos, Bemerkungen zum Diamagnetismus der Edelgaskonfigurationen. Mit einer Abbildung.
- Hans Boas und Th. Pederzani, Über einen neuen Elektromagneten. Mit 10 Abbildungen.
- R. Gross und H. Möller, Über das Kristallwachstum in röhrenförmigen Hohlräumen. Mit neun Abbildungen.
- Joseph Würschmidt, Die Entmagnetisierungsfaktoren kreiszylindrischer Stäbe. Mit drei Abbildungen.
- Arthur Zwetach, Die Abhängigkeit des Brechungsexponenten der Luft vom Druck unterhalb einer Atmosphäre. (Mitteilung aus dem Phys. Institut der Universität Bonn.) Mit einer Abbildung.

Autorenregister.





